

Aus dem deutschen Gelenkzentrum in der ATOS Klinik Heidelberg

Prof. Dr. med. habil. Peter Habermeyer

**Eine neue Klassifikation der Glenoidinklination bei primärer
Omarthrose**

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Viviane Catherine Victoria Glaser, geb. Luz

aus

München

2018

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. habil. Peter Habermeyer

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. habil. Andrea Baur-Melnyk

Mitbetreuung durch die
promovierte Mitarbeiterin: Dr. med. Petra Magosch

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 21.06.2018

Für meine Familie

Danksagung

Mein Dank gilt Herrn Prof. Habermeyer, der durch diese Dissertation mein Interesse an der Orthopädie geweckt und somit meinen beruflichen Werdegang entscheidend beeinflusst hat. Ganz herzlich möchte ich mich bei Frau Dr. Magosch für die wunderbare Zusammenarbeit und die sehr hilfreiche Betreuung bedanken. Meinen Eltern und meinem Mann möchte ich ganz besonders für die Unterstützung während der intensiven Zeit der Fertigstellung dieser Dissertation danken.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

2. Allgemeiner Teil

2.1. Die Anatomie und Biomechanik des Schultergelenks

2.1.1. Knöcherne Strukturen

2.1.2. Muskeln des Schultergelenks

2.1.3. Kapsel- und Bandapparat des Schultergelenks

2.1.4. Bursen im Schultergelenk

2.1.5. Bewegungsausmaß des Schultergelenks

2.2. Die Veränderungen im Schultergelenk bei Omarthrose

2.3. Grundlagen zur Schulterendoprothetik

2.3.1. Entwicklung der Schulterendoprothese

2.3.2. Biomechanik und Prothesendesign

3. Spezieller Teil

3.1. Patienten und Methodik

3.1.1. Patientenkollektiv

3.1.2. Röntgen- und Messtechnik

3.1.3. Statistische Auswertung

3.2. Ergebnisse

3.3. Diskussion

3.4. Schlussfolgerung

3.5. Zusammenfassung

4. Literaturverzeichnis

5. Abbildungsverzeichnis

1. Einleitung

Der posteriore Glenoidverschleiß bei der primären Omarthrose wurde in der Literatur beschrieben ¹. Neer et al. ^{2 3} beobachteten einen beträchtlichen posterioren Glenoidverschleiß bei Patienten mit primärer Omarthrose, der eine statische posteriore Subluxation des Humeruskopfes hervorruft. Um den natürlichen Zustand zu beschreiben und die Retroversion von der posterioren Abnutzung und von der Dysplasie zu unterscheiden, haben Walch et al. ⁴ eine Klassifizierung für die Glenoidmorphologie in der transversalen Ebene bei primärer Omarthrose ausgearbeitet.

Von einer normalen posterioren Neigung des Glenoids spricht man von 0° bis 10°. Ein Anstieg der posterioren Neigung des Glenoids führt zu einer posterioren Subluxation des Humeruskopfes. Bei einer posterioren Glenoidneigung von > 25° spricht man von einer congenitalen Dysplasie ⁵. Von Gouaze et al. ⁶ sind drei Typen der Glenoidinklination bei der gesunden Schulter beschrieben worden. 45% der Schultern hatten eine ansteigende Neigung des Glenoids in der koronaren Ebene (durchschnittlicher Winkel 3°; von 1° bis 10°). Bei 22% der Schultern war die Neigung genau senkrecht, und bei 33% absteigend (durchschnittlicher Winkel 4°; von 1° bis 12°).

Die Neigung der Glenoidoberfläche kann sowohl in anteroposteriorer Richtung, als auch in superoinferiorer Richtung eine Deformität aufweisen. Edelson ⁷ kam zu dem Ergebnis, dass bei Patienten mit Omarthrose die inferiore Glenoiddeformität zusätzlich zum posterioren Glenoidverschleiß zu beobachten ist. Eine Studie an Leichen zeigte einen posteroinferioren Glenoidverschleiß bei 3,5% der 486 Scapulae mit degenerativen Veränderungen im glenohumeralen Gelenk ⁸.

Der Inklinationswinkel ist äquivalent zum Ausmaß der Glenoidneigung in der koronaren Ebene. Die normale Glenoidneigung in der koronaren Ebene geht von -8° bis 15,8° (durchschnittlich 4° bis 5°) ^{9 10}.

Als Ursachen für die Dezentrierung des Humeruskopfes bei Omarthrose wurden Kontrakturen oder eine Insuffizienz der aktiven Stabilisatoren der Schulter, vor allem der Rotatorenmanschette, und Veränderungen der passiven Stabilisatoren diskutiert ^{11 12}.

In der Schulterendoprothetik ist es wichtig die Dezentrierung des Humeruskopfes zu erkennen und zu korrigieren, um einen frühen Polyethylenverschleiß und eine Lockerung der Glenoidkomponente durch das so genannte rocking-horse-Phänomen zu vermeiden. Die

Entscheidung eine Glenoidkomponente zu implantieren, hängt von der Quantität der Knochensubstanz des Glenoids und auch der Glenoidmorphologie ab.

Die Ziele dieser Studie waren, das Glenoid in der koronaren Ebene und den Zusammenhang zwischen der Retroversion und der inferioren Inklation des Glenoids zu analysieren und zu beschreiben, sowie eine Klassifikation der Inklation bei Patienten mit Omarthrose zu entwickeln, welche die Indikationsstellung zur Glenoidimplantation erleichtert.

2. Allgemeiner Teil

2.1. Die Anatomie und Biomechanik des Schultergelenks

2.1.1 Knöcherne Strukturen

Das Schultergelenk verfügt über den größten Bewegungsumfang aller Gelenke. Es wird vom Caput humeri, der Cavitas glenoidalis des Schulterblattes und dem Labrum glenoidale gebildet. Das Verhältnis der Gelenkfläche des Humeruskopfes zu der der Cavitas glenoidalis ist 4:1. Das gelenkpfannenerweiternde Labrum glenoidale, ein 4-6 mm breiter Faserknorpelring, der dem knöchernen Pfannenrand aufsitzt, dient zum Ausgleich dieser Größendiskrepanz ¹³. Das Labrum steht mit der langen Bicepssehne im Bereich des Tuberculum supraglenoidale und mit der langen Tricepssehne im Bereich des Tuberculum infraglenoidale in Verbindung. Die lange Bizepssehne zieht frei durch die Gelenkhöhle über das Caput humeri hinweg und verläßt sie, indem sie im Bereich des Sulcus intertubercularis durch die Kapsel hindurchtritt. Die Vagina tendinis intertubercularis setzt die Reibung, die im Sulcus intertubercularis entstehen würde, herab und verhindert das Austreten von Synovialflüssigkeit in das interstitielle Bindegewebe. (Abb. 1a, b)

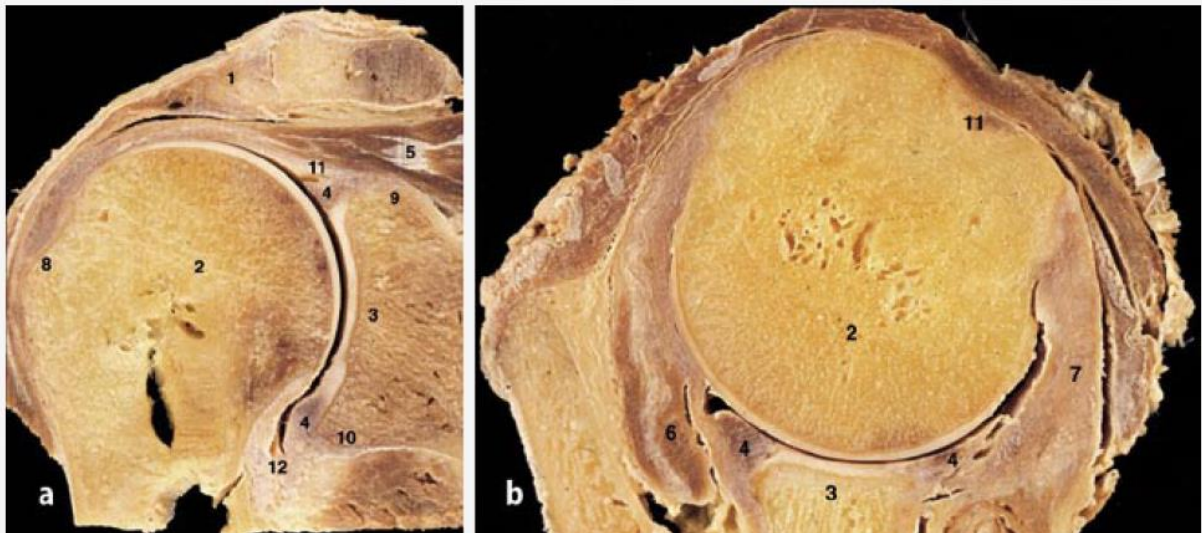


Abb. 1 a, b:

Schnittanatomie eines rechten Schultergelenks. a Vertikalschnitt in der Scapulaebene, b Transversalschnitt in Höhe der Spina Scapulae. 1 Acromion, 2 Caput humeri, 3 Cavitas glenoidalis, 4 Labrum glenoidale, 5 M. supraspinatus, 6 M. infraspinatus, 7 M. subscapularis, 8

Tuberculum majus, 9 Tuberculum supraglenoidale, 10 Tuberculum infraglenoidale, 11 Caput longum M. biceps brachii, 12 Recessus axillaris

2.1.2. Muskeln des Schultergelenks

Die Rotatorenmanschette setzt sich aus dem M. subscapularis, dem M. teres minor, dem M. supraspinatus und dem M. infraspinatus zusammen. Der M. supraspinatus entspringt in der Fascia supraspinata und in der Fossa supraspinata, welche unter dem M. trapezius liegen. Seine Sehne zieht unter dem Fornix humeri und unter dem M. deltoideus kranial der Schultergelenkscapsel, mit der er verwachsen ist zum Tuberculum majus. Der M. supraspinatus stabilisiert den Humeruskopf in der Pfanne. Er hat außerdem die Funktion eines Kapselspanners und abduziert den Arm gemeinsam mit dem M. deltoideus. Der M. subscapularis entspringt in der Fossa subscapularis und setzt mit seiner Sehne am Tuberculum minus und am proximalen Anteil der Crista tuberculi minoris an. Seine Sehne verstärkt die vordere Gelenkkapsel. Der M. subscapularis wirkt als Innenrotator. Sein kranialer Anteil unterstützt die Abduktion, der elevierte Arm wird von ihm adduziert. Der M. infraspinatus entspringt in der Fossa infraspinata und der Fascia infraspinata. Er setzt an der mittleren Facette des Tuberculum majus an. Sein oberer Teil ist an der Abduktion des Armes beteiligt, der untere Anteil unterstützt mit dem M. teres minor die Adduktion. Bei innenrotiertem Arm ist die außenrotatorische Wirkung groß. Der M. teres minor entspringt an der Margo lateralis der Skapula. Er setzt an der unteren Facette des Tuberculum majus an. Er ist ein Außenrotator und Adduktor. Die Muskeln der Rotatorenmanschette übernehmen die Aufgabe der statischen und dynamischen Sicherung des Schultergelenks. Bedingt durch ihre Zugkraft hält sie den Kontakt zwischen Humeruskopf und Glenoid auch bei kraftvollen Bewegungen aufrecht. Dies ist von besonderer Bedeutung, da der M. deltoideus bei alleiniger Bewegung den Humeruskopf kranial bewegt und ihn so aus dem Glenoid bewegt.

Zu den weiteren Muskeln des Schultergürtels zählt der M. teres major. Er hat seinen Ursprung am Angulus inferior der Skapula und setzt an der Crista tuberculi minoris an. Der M. teres major ist für die Innenrotation, Adduktion und Retroversion nach medial zuständig. Der M. deltoideus entspringt am lateralen Drittel der Klavikula, am Acromion und an der Spina scapulae. Er wird dementsprechend in eine Pars acromialis, Pars clavicularis und Pars spinalis unterteilt. Die Fasern konvergieren in Richtung Ansatz an der Tuberositas deltoidea. Die Pars

clavicularis innenrotiert und antevertiert den Humerus, da sie sich vor der Rotationsachse und vor der transversalen Achse befindet. Die Pars acromialis ist der wichtigste Abduktor, da sie über die saggitale Achse des Schultergelenks hinwegzieht. Die Pars spinalis rotiert den Arm nach außen und retrovertiert ihn, da sie hinter der Rotations- und Transversalachse läuft. Bis zur Abduktionsstellung von 60° adduzieren die Pars clavicularis und die Pars spinalis den Arm. Ab diesem Wert abduzieren sie mit geringerer Kraft. Der M. latissimus dorsi entspringt an den Processus spinosi der sechs unteren Brustwirbel und aller Lendenwirbel, an der Facies dorsalis der Os sacrum, am Labium externum der Crista iliaca und an der 9.-12. Rippe. Er setzt an der Crista tuberculi minoris vor dem Ansatz des M. teres major an. Zu seinen Aufgaben zählen die Innenrotation, Adduktion und Retroversion des Arms. Die ventralen Schultermuskeln setzen sich aus dem M. pectoralis major und minor zusammen. Der M. pectoralis major besteht aus einer Pars clavicularis, einer Pars sternocostalis und einer Pars abdominalis. Die Pars clavicularis entspringt an der medialen Hälfte der Clavicula. Die Pars sternocostalis hat ihren Ursprung am Manubrium sterni, am Corpus sterni und am 2.-7. Rippenknorpel. Die Pars abdominalis entspringt am vorderen Blatt der Rektusscheide. Alle drei Teile des M. pectoralis major setzen an der Crista tuberculi majoris humeri an. Er innenrotiert, adduziert und antevertiert den Arm. Unter dem M. pectoralis major liegt der M. pectoralis minor. Er hat seinen Ursprung an der 2. oder 3.-5. Rippe 1-2 cm seitlich der Knorpel-Knochen-Grenze. Er setzt am Processus coracoideus scapulae an. Er zieht das Schulterblatt nach vorne unten. Der M. biceps brachii entspringt mit seinem Caput longum am Tuberculum supraglenoidale, mit seinem Caput breve am Processus coracoideus. Er setzt mit seiner Sehne an der Tuberositas radii, mit der Aponeurosis m. bicipitis brachii an der Fascia antebrachii an.

2.1.3. Kapsel- und Bandapparat des Schultergelenks

Der Bandapparat des Schultergelenks wird durch das Lig. coracoacromiale, das Lig. coracohumerale und die Ligg. glenohumeralia gebildet. Das Lig. coracoacromiale bildet über dem Schultergelenk ein Dach und ist nicht in die Kapsel eingelagert. Das Lig. coracohumerale ist der faserverstärkte vordere Teil der Gelenkkapsel. Es wirkt einer übermäßigen Außenrotation und einem Herausgleiten des Humeruskopfes nach unten entgegen. Bei den Ligg. glenohumeralia handelt es sich um Verstärkungszüge der vorderen Kapselwand. Sie wirken ebenso einer übermäßigen Außenrotation entgegen.

Zur Verstärkung der Gelenkkapsel strahlen kranial und dorsal die Endsehnen des M. supraspinatus, des M. infraspinatus und des M. teres minor, und ventral die Endsehne des M. subscapularis ein. Durch ihre Verkürzung selbst wirken die Muskeln als Kapselspanner. Trotz dieser Verstärkung gibt es noch schwache Stellen. Diese befinden sich vor allem zwischen Lig. coracohumerales und dem Oberrand des M. subscapularis sowie am unteren muskelfreien Teil der Gelenkkapsel.

2.1.4. Bursen im Schultergelenk

Im Schultergelenk gibt es fünf Bursen. Die Bursa subacromialis befindet sich zwischen Lig. coracoacromiale, Acromion und der Sehne des M. supraspinatus. Zwischen M. deltoideus und Gelenkkapsel liegt die Bursa subdeltoidea, die mit der Bursa subacromialis in Verbindung steht¹⁴. Die Bursa subtendinea muscoli subscapularis befindet sich zwischen der Ansatzsehne des Muskels und der Gelenkkapsel. Sie kommuniziert meistens mit der Gelenkhöhle. Zwischen der Sehne des M. infraspinatus und der Schultergelenkkapsel liegt die Bursa subtendinea muscoli infraspinati. Um die bei Belastung der Schulter entstehenden Scherkräfte herabzusetzen befindet sich zwischen Haut und Acromion die Bursa subcutanea acromialis.

2.1.5. Bewegungsausmaß des Schultergelenks

Das Schultergelenk ist ein Kugelgelenk mit drei Freiheitsgraden und somit drei Hauptbewegungsachsen. Die Rotationsachse verläuft vertikal durch das Zentrum des Humeruskopfes parallel mit der Longitudinalachse. Sagittal durch das Zentrum des Humeruskopfes verläuft die Abduktions- und Adduktionsachse. Die Anteversions- und Retroversionsachse verläuft transversal durch den Mittelpunkt des Humeruskopfes. Folgendes Bewegungsausmaß ist bei fixierter Scapula möglich: Abduktion/Adduktion: $90^{\circ}/0^{\circ}/10^{\circ}$, Anteversion/Retroversion: $90^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ}$, Außenrotation/Innenrotation: $70^{\circ}/0^{\circ}/70^{\circ}$. Bewegungsausmaß bei beweglicher Scapula: Abduktion/Adduktion: $180^{\circ}/0^{\circ}/40^{\circ}$, Anteversion-Retroversion: $180^{\circ}/0^{\circ}/40^{\circ}$, Außenrotation/Innenrotation: $90^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ}$. (Abb. 2 a, b)

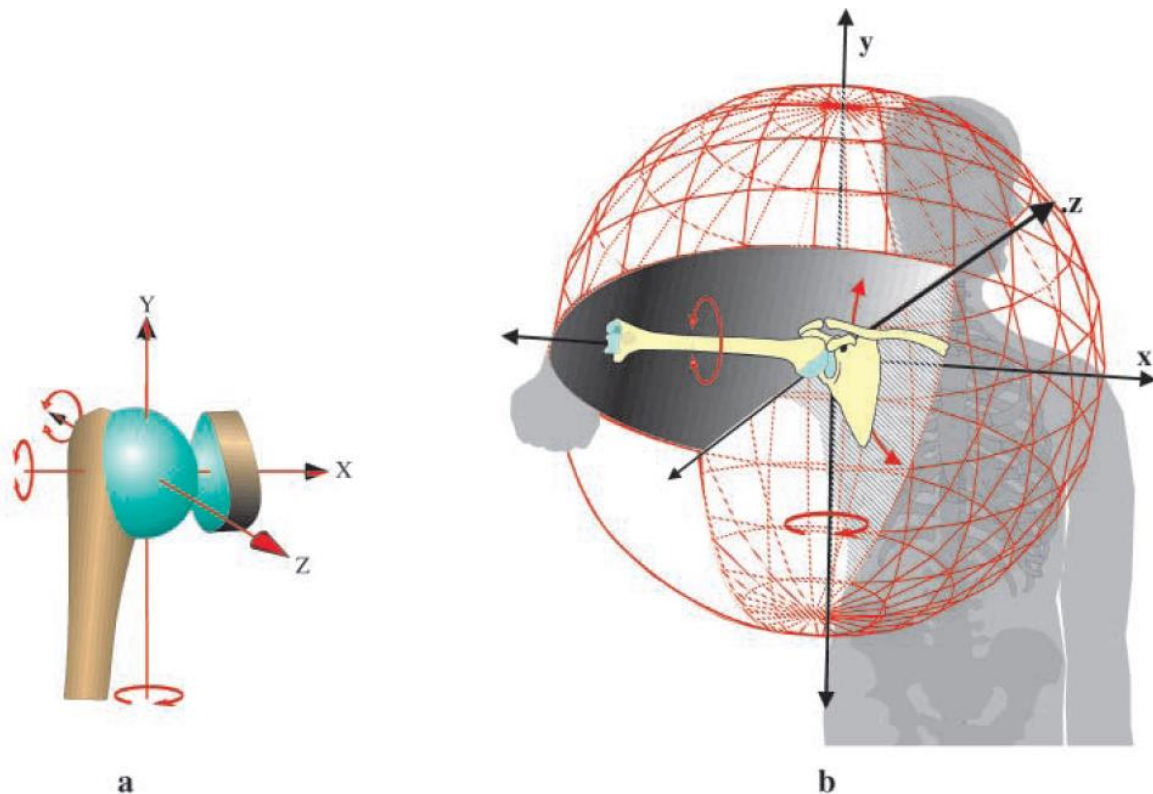


Abb. 2 a, b:

Alle Bewegungen des Schultergelenks können als Kombination von Rotations- und Translationsbewegungen in den jeweiligen Ebenen aufgefasst werden. Bei einer Ausgangsposition mit angelegtem Arm entspricht die Rotation um die x-Achse der Ante-/Retroversion, um die y-Achse der Außen-/Innenrotation und um die z-Achse der Ab-/Adduktion (a).

Bezogen auf ein räumliches Koordinatensystem, das sich an der Körperlängsachse orientiert (b) lassen sich globale Bewegungsdiagramme erstellen, die eine Darstellung der gesamten Gelenkkette und Analyse einzelner Komponenten ermöglichen. Jede Rotationsbewegung kann mit Euler'schen Winkeln als Abfolge einzelner Drehungen um die Achsen des Raumes angegeben werden.

Die Gelenkkapsel ist am anatomischen Humerushals, am Skapulahals und am Labrum glenoidale befestigt (Abb. 3 a, b). Da die Gelenkkapsel weit ist, um den großen Bewegungsumfang zu ermöglichen, bildet sie unterhalb des Labrum glenoidale den Recessus axillaris, der als Reservefalte, vor allem bei Abspreizbewegungen dient. Bei länger bestehender Schonhaltung des Armes kann der Recessus axillaris verkleben bzw. atrophieren und eine erhebliche Bewegungseinschränkung nach sich ziehen. Der Nachteil der weiten Gelenkkapsel liegt im Verlust von passiver Stabilität. Sie muss daher von der Rotatorenmanschette unterstützt werden. (Abb. 4).

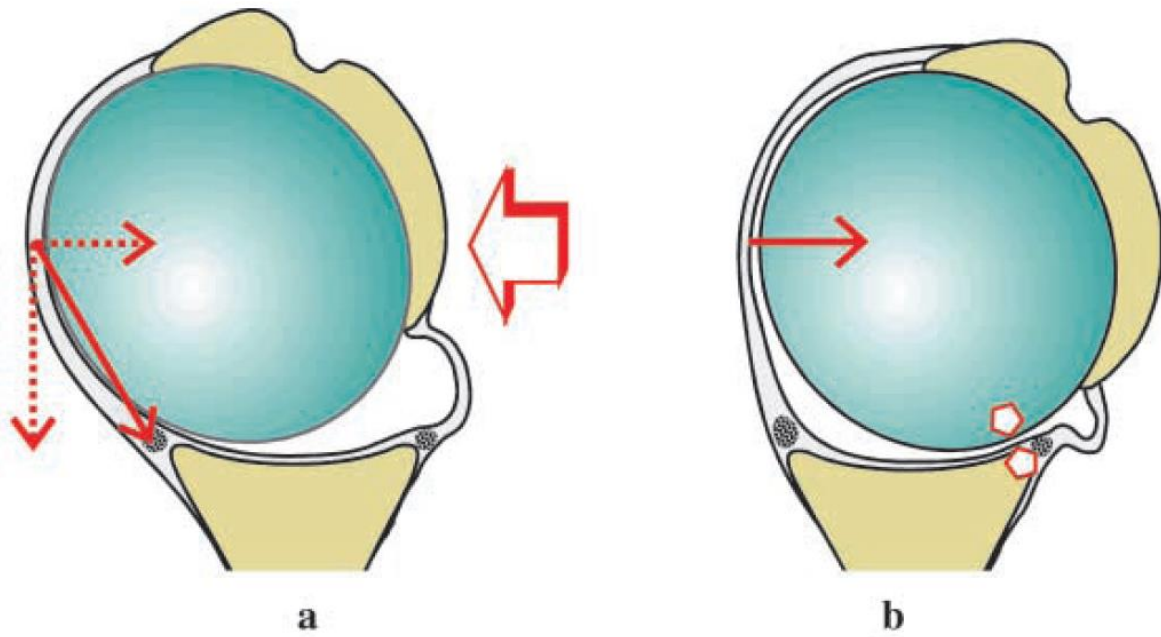


Abb. 3 a, b:

Mobile Erweiterung der Glenoidfläche durch Labrum und Gelenkkapsel.

a Unter der Einwirkung einer translatorischen Kraft und

b Anspannung der Kapsel bei endgradiger Rotationsbewegung

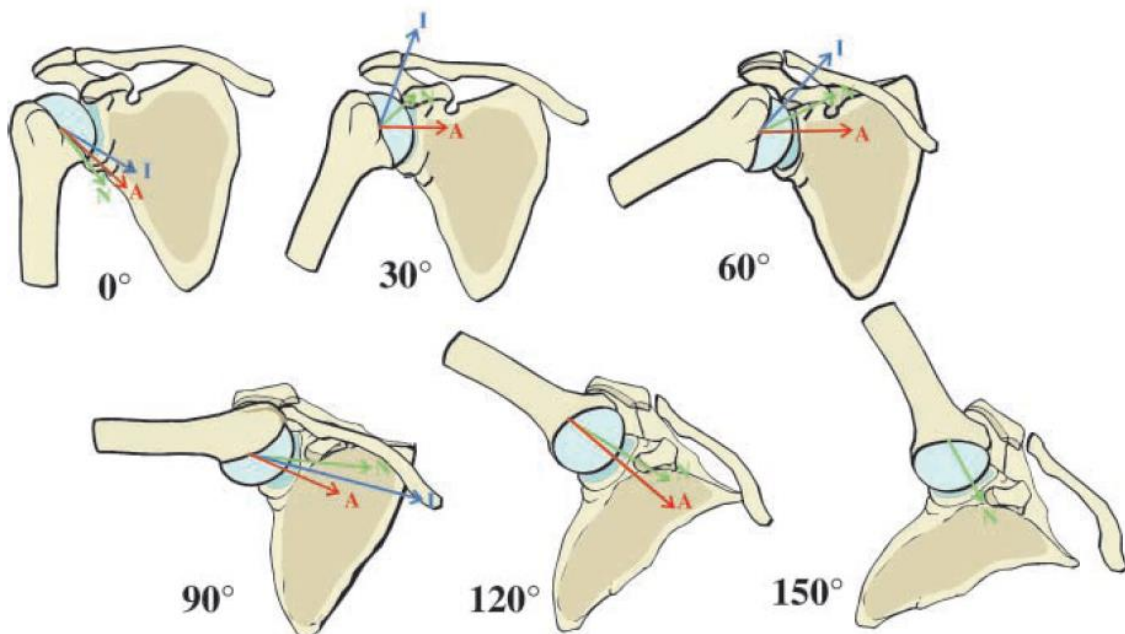


Abb. 4:

Richtung der resultierenden Kraft in verschiedenen Phasen der Abduktion.

2.2. Die Veränderungen im Schultergelenk bei Omarthrose

Degenerative Erkrankungen der Schulter kommen häufig vor, dennoch wird die Omarthrose im Vergleich zur Arthrose anderer Gelenke seltener diagnostiziert und behandelt. Dies hat verschiedene Gründe.

Die auf die Schulter wirkende Kraft bei der Armhebung verteilt sich auf das Glenohumeralgelenk und den subacromialen Raum. Die subacromial gelegenen Strukturen wie Rotatorenmanschette, Bursa subacromialis und die lange Bizepssehne degenerieren häufig schon im mittleren Lebensalter, in dem Arthrosen noch seltener zu beobachten sind.

Die Beschwerden bei der Omarthrose beginnen meist diffus. Es besteht ein Bewegungsschmerz, häufig in alle Richtungen. Die Beschwerden treten im Gegensatz zu subacromialen Erkrankungen nicht überwiegend in mittleren Elevationsstellungen auf. Die Patienten klagen häufig auch über Ruhe-, Belastungs- und Nachtschmerzen. Initial besteht oft keine funktionelle Bewegungseinschränkung der Schulter. Bei weiterem Fortschreiten der Omarthrose kann der Bewegungsverlust im Glenohumeralgelenk anfangs meist noch durch die Skapulabewegung auf den Thorax kompensiert werden. Ist jedoch die Außenrotation eingeschränkt, kann dies weniger gut von der Skapula ausgeglichen werden. Ohne Außenrotation ist auch keine volle Flexion möglich. Die Palpation zeigt eine Druckschmerzhaftigkeit, die über dem vorderen und hinteren Gelenkspalt besonders ausgeprägt ist, oft jedoch diffus bis lateral zum Akromion und bis an den Ansatz des M. deltoideus reicht. Im fortgeschrittenen Stadium der Omarthrose ist der skapulohumerale Bewegungsrythmus bei der aktiven Bewegungsprüfung meist gestört. Die Bewegung erfolgt vermehrt zwischen Skapula und Thorax und weniger zwischen Humeruskopf und Skapula. Es besteht dann ein endgradiger Bewegungsschmerz in alle Richtungen, vor allem bei Rotation des Armes.

Die Omarthrose oder primäre Schultergelenksarthrose weist ein Maximum degenerativer Veränderungen im Alter von 60 Jahren auf. Die Prävalenz beträgt 3% und die Inzidenz nimmt mit steigendem Alter zu. Im Schultergelenk zeigen sich bei der Omarthrose verschiedene pathoanatomische Veränderungen, die den jeweiligen Schweregrad ausdrücken.

Die Einteilung nach Kellgren und Lawrence beschreibt die radiologischen Veränderungen der Omarthrose:

0 Keine radiologischen Veränderungen.

1 Geringe subchondrale Sklerosierung, keine Osteophyten, keine Gelenkspaltverschmälerung.

2 Geringe Gelenkspaltverschmälerung, beginnende Osteophytenbildung, angedeutete Unregelmäßigkeit der Gelenkfläche.

3 Ausgeprägte Osteophytenbildung, Gelenkspaltverschmälerung, deutliche Unregelmäßigkeit der Gelenkfläche.

4 Ausgeprägte Gelenkspaltverschmälerung bis zur vollständigen Destruktion, Deformierung/Nekrose der Gelenkpartner.

Die typischen radiologischen Veränderungen sind die Ausbildung von Osteophyten an den Gelenkbegrenzungen, die Formation von periartikulären Ossikeln, die Gelenkspaltverschmälerung mit der Ausbildung einer subchondralen Sklerose, die Ausbildung kleiner pseudozystischer Areale mit einem Sklerosesaum typischerweise im subchondralen Knochen und die Formveränderung der knöchernen Gelenkpartner ¹⁵.

Walch klassifiziert die axiale Glenoidmorphologie wie folgt (CT, MRT)¹⁶:

- Typ A: Zentrische Kopfposition in der Pfanne (55%)
 - A1: Geringfügiger zentraler Pfannenverbrauch
 - A2: Zentrale Kopfprotrusion mit konkaver Pfannenvertiefung
- Typ B: Exzentrisch posteriore Kopfposition bei posteriorer statischer Dezentrierung (40%)
 - B1: Exzentrischer posteriorer Pfannenverbrauch mit Pfannenretroversion $>10^\circ$
 - B2: Bikonkave posteriore Pfannendeformität
- Typ C: Primär dysplastische Pfannenretroversion $>25^\circ$ (5%)

Der Schweregrad der Omarthrose kann auch anhand der Größe des kaudalen Osteophyten am Humeruskopf nach Samilson eingeteilt werden:

Grad I < 3 mm

Grad II 3-7 mm

Grad III > 8 mm ¹⁷

Diese Klassifikation wurde ursprünglich entwickelt, um die Instabilitätsarthrose des Glenohumeralgelenkes zu beschreiben.

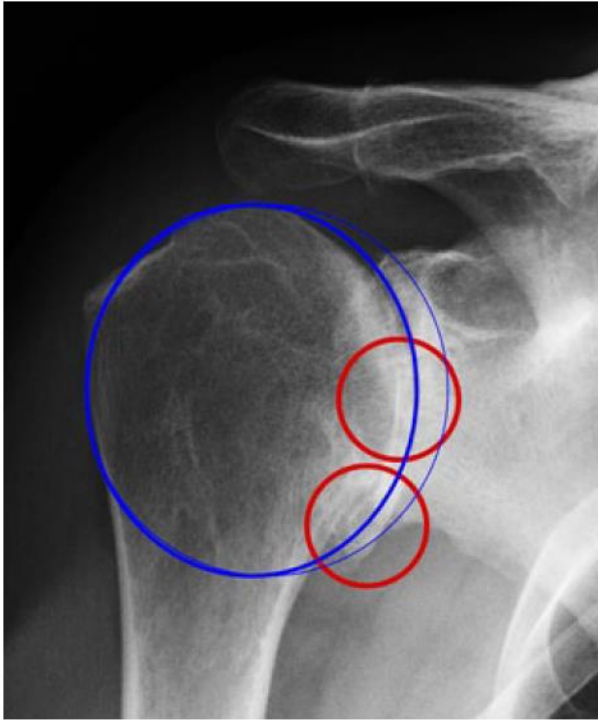


Abb. 5:

Röntgenaufnahme (a.p.) der rechten Schulter mit fortgeschrittener Omarthrose (Samilson Grad III). Der obere rote Kreis markiert den aufgehobenen Gelenkspalt in der zentralen Messung, der untere rote Kreis markiert den kaudalen Osteophyten. Die blauen Kreise illustrieren das Ausmaß der Deformierung des Humeruskopfes. Dunkler Kreis: Ist-Zustand; Heller Kreis: Sphärische Ergänzung in Bezug zur erhaltenen Geometrie der Tuberkula und der Metaphyse.

Im normalen Schultergelenk beträgt die Gelenkspaltbreite 5 mm, bei einem partiellen Knorpelverbrauch noch 3-5 mm und bei einer manifesten Arthrose mit einem kompletten Knorpelverbrauch < 3 mm. Die Gelenkposition bei der Omarthrose ist zentriert oder es liegt eine posteriore oder anteriore Dezentrierung vor. Es gibt auch die seltenen Fälle der anterioren Dezentrierung. Insbesondere inferior kann eine Kapselvergrößerung vorliegen, anterior besteht eine Kapselkontraktur. Die Rotatorenmanschette ist bei der Omarthrose meist intakt, nur bei 10

% der Patienten liegt eine Supraspinatussehnen-Ruptur vor. Insbesondere der M. subscapularis weist eine Kontraktur auf.

Die Bildgebung ist bei der Diagnosestellung der Omarthrose wichtig. In den true-antero-posterioren Röntgenaufnahmen in Innenrotation, Neutralstellung und in Außenrotation können die einzelnen Veränderungen dargestellt werden.

Schulter ap:

Lagerung:

Patient steht mit dem Rücken am Stativ, gesunde Seite um 45° anheben, kranke Seite liegt auf, Arm der aufzunehmenden Seite leicht abgespreizt, Hand in Supination. Kopf zur Gegenseite drehen lassen.

Zentralstrahl:

Senkrecht in Gelenkspalt bei Format 18/24.

Bei Format 24/30 oberer Kassettenrand: 2 Querfinger oberhalb der Schulter, dist. Humerus mit in der Einblendung.

Qualitätskriterien:

Gelenkfläche der Scapulapfanne (Glenoidal-Gelenk) soll strichförmig abgebildet sein (anterioren Glenoidrand projiziert sich auf den posterioren Glenoidrand), der Humerus soll frei projiziert werden. Die Aufnahme kann mit der Rockwood-Aufnahme kombiniert werden (Röhrenkipfung). evtl. Schulterfilter verwenden.

- vollständige überlagerungsfreie Darstellung des Humeruskopfes und des Gelenkes

Schulter seitlich y-view:

Lagerung:

Patient steht mit dem Bauch am Stativ (p.a.), gesunde Seite um 45° anheben, kranke Seite liegt auf, Arm der aufzunehmenden Seite im Ellenbogen um 90° gebeugt.

Zentralstrahl:

Senkrecht in Gelenkspalt bei Format 18/24.

Bei Format 24/30 oberer Kassettenrand: 2 Querfinger oberhalb der Schulter, dist. Humerus mit in der Einblendung.

Qualitätskriterien:

Scapula stellt sich Y-förmig ohne Rippenüberlagerung dar. Humerus und Scapula überdecken sich. Gelenkpfanne befindet sich im Schnittpunkt der 3 Schenkel vom Y.

Schulter axial:

Lagerung:

Schulter axial liegend (caudo-cranial):

Patient in Rückenlage, möglichst weit an Tischkante, Körperachse parallel zum Tisch, Arm in Schultergelenk rechtwinklig abduzieren und unterpolstern, so dass das Schultergelenk in Kassettenmitte kommt, Kassette senkrecht zum Tisch, hinter die Schulter möglichst weit an den Hals geschoben, Kopf zur gesunden Seite drehen.

Schulter axial sitzend:

1. Möglichkeit: Patient sitzt auf dem Stuhl, Arm möglichst weit abduziert, Kassette unter die Axilla bzw. den Oberarm weit auf die auf dem Buckytisch gelagerte Kassette gezogen, Kopf immer zur Gegenseite drehen.

2. Möglichkeit: Patient sitzt auf dem Stuhl, Arm möglichst weit abgespreizt, Kassette auf der Schulter, evtl. mit 15° Keil unterpolstern, Kassette dem Patienten bis an den Hals schieben.

Zentralstrahl:

Schulter axial liegend (caudo-cranial):

Röhre 90° caudo-cranial, zielt auf Humeruskopf (Axilla) fast parallel zur Körperachse auf das letzte Drittel der Kassette.

Schulter axial sitzend:

bei 1. senkrecht oder 15-20° ellenbogenwärts auf die Schultermitte und Kassette.

Bei 2. von unten in die Axilla senkrecht auf das letzte Drittel der Kassette.

Qualitätskriterien:

Freier Durchblick durch Humeroglenoidalgelenk, unverzerrte Darstellung von Proc. Coracoideus und AC-Gelenk, das sich in den Oberarmkopf projiziert.

2.3. Grundlagen zur Schulterendoprothetik

Ziel der endoprothetischen Versorgung der Schulter ist die Schmerzreduktion und die Verbesserung der Schultergelenkfunktion.

Mittlerweile stehen viele Prothesentypen mit den unterschiedlichsten Verankerungsprinzipien für den Gelenkersatz zur Verfügung.

Der endoprothetische Ersatz der Schulter ist aufgrund der Komplexität der Schulteranatomie und der biomachanischen und funktionellen Besonderheiten besonders schwierig.

Die Implantation einer Schulterprothese ist bei der primären, posttraumatischen und rheumatoiden Arthrose, bei der avaskulären Humeruskopfnekrose, bei der Instabilitätsarthrose und Defektarthropathie indiziert.

Die Indikation zur Implantation einer Schulterendoprothese wird aufgrund von klinischen, radiologischen und allgemeinen Kriterien gestellt.

Zu den klinischen Kriterien zählen, Ruhe-, Nacht-, Bewegungs- und Belastungsschmerz, regelmäßiger Analgetikabedarf, Kraftverlust, Kontrakturen sowie eine Bewegungseinschränkung mit möglicher Flexion bis 90°, Abduktion bis 90° und Außenrotation bis 20°.

Die radiologischen Kriterien sind Gelenkspaltverschmälerung, subchondrale Sklerosierung und Zystenbildung, Osteophyten, ein deformierter Gelenkkopf und freie Gelenkkörper.

Zu den allgemeinen Voraussetzungen gehören ein Versagen der konservativen Therapie, Motivation und Kooperation des Patienten und eine konsequente postoperative Physiotherapie¹⁸.

Zu den Kontraindikationen zählen akute oder chronische Infekte, irreversible Nerven- oder Plexusschäden, eine neurogene Gelenkzerstörung, internistische Erkrankungen die mit einem massiv erhöhten Narkoserisiko einhergehen und die fehlende Compliance. Als relative Kontraindikation gelten psychiatrische Erkrankungen und Abhängigkeit von Drogen wie z.B. Alkoholismus, da die Mitarbeit des Patienten bei der langwierigen postoperativen Rehabilitation in diesem Fall nicht gewährleistet ist.

Präoperativ muss der Patient über allgemeine und spezielle Risiken aufgeklärt werden. Zu den speziellen Risiken gehören die Fraktur oder Perforation des Humerusschaftes oder der Gelenkpfanne, Gefäß- und Nervenverletzungen, insbesondere eine Läsion des Nervus axillaris. Desweiteren kann eine passagere Plexusirritation durch Manipulation bei kontrakten Weichteilverhältnissen und bei schwieriger Glenoidexposition auftreten. Außerdem muss über die Gefahr einer aseptischen Implantatlockerung und über die begrenzte Haltbarkeit der Implantate aufgeklärt werden.

OP-Technik

Vor der Prothesenimplantation ist eine ausführliche Anamneseerhebung und klinische Untersuchung von großer Bedeutung. Der Muskelstatus, bisherige Operationsvorgänge, das passive und aktive Bewegungsausmaß und die passive Rotationsfähigkeit des Humeruskopfes gegenüber der Pfanne. Im Falle einer Einschränkung der passiven Außenrotation muss der M. subscapularis intraoperativ mobilisiert und funktionell verlängert werden ¹⁹. Die verengte ventrale Kapsel muss reseziert werden.

Ist eine Außenrotation über 30° möglich, wird die direkte intratendinöse Durchtrennung der Subscapularissehne 5-10 mm medial ihres Ansatzes am Tuberculum minus zusammen mit der Kapsel durchgeführt. Der laterale Sehnenstumpf dient zur späteren anatomischen End-zu-End-Naht.

Gerber empfiehlt alternativ zur intratendinösen Sehnenablösung die Osteotomie des Tuberculum minus, wobei zur besseren Heilung der sehnige und der muskuläre Ansatz des M. subscapularis abgetrennt werden.

Liegt eine mittelgradige Einschränkung der Außenrotation vor (Außenrotation +30° bis -10°), wird eine medialisierende Sehnenverlagerung nach Matsen durchgeführt. Der gesamte sehnige Ansatz des M. subscapularis wird komplett vom Tuberculum minus abgelöst. Man gewinnt durch die spätere Medialisierung des Sehnenansatzes an den anatomischen Humerushals zusätzlich 1,5 cm an Länge.

Bei einer Außenrotation < -10° wird die erweiterte Ablösung des M. subscapularis mit bifokaler Kapsulotomie empfohlen. Es wird eine komplette laterale Ablösung der Subscapularissehne vom Tuberculum minus mit Inzision der Kapsel durchgeführt. Zusätzlich wird der M. subscapularis am Oberarmschaft inklusive Periost kaudal bis auf Höhe des Latissimus-dorsi-Ansatzes total durchtrennt. Der M. subscapularis wird subperiostal und subfaszial entlang des Scapulahalses bis zur Fossa subscapularis mit 360°-Umschneidung mobilisiert.

Durch eine 360°-Umschneidung erfolgt bei der Subscapularissehnen-Mobilisation nach Matsen ein weiterer Längengewinn. Es werden dadurch Verwachsungen des Muskels unterhalb der conjoined tendon und kapsulär bedingte Kontrakturen beseitigt. Die unter dem M. subscapularis gelegene Kapsel wird glenoidalseitig entlang des Limbus durchtrennt. Anschließend erfolgt eine subperiostale Ablösung des M. subscapularis vom vorderen Pfannenhals bis zum Übergang auf die Fossa subscapularis. Zuletzt durchtrennt man radiär die Kapsel am unteren Rand des abgelösten M. subscapularis bis zum unteren Pfannenrand.

Durch die 360°-Mobilisation des M. subscapularis erreicht man einen Längengewinn von 2-3 cm und eine Verbesserung der Außenrotation von 20° pro cm Längengewinn.

Das klassische plastisch-chirurgische Verfahren der Subscapularis-Z-Verlängerungsplastik eignet sich nur für die oberen tendinösen zwei Drittel. Das inferiore muskuläre Drittel kann damit nicht verlängert werden.

Vor der Implantation einer Schulterprothese ist die radiologische Darstellung der Schulter in zwei Ebenen und y-view. Die true a.p.-Aufnahme dient zur Beurteilung der Höheneinstellung des Humeruskopfes und zur Bestimmung des Inklinationswinkels der Pfanne. In der axialen Aufnahme werden der hintere Pfannenrand und die a.p.-Einstellung des Humeruskopfes in der Pfanne dargestellt. Mit Hilfe der Röntgenbilder wird präoperativ die Prothesengröße geplant. Ergänzend sollte im Rahmen der präoperativen Diagnostik ein CT oder MRT der Schulter durchgeführt werden. Das CT sollte zur Beurteilung des Glenoids durchgeführt werden. Die Schnittbilddiagnostik dient zur Beurteilung des Zustands der Gelenkflächen und somit der Verankerungsmöglichkeiten der Prothesenkomponenten. Im MRT kann zusätzlich die Muskulatur dargestellt werden. Die Beschaffenheit der Rotatorenmanschette ist von großer Bedeutung. Es werden der Rotatorenmanschettendefekt, der Grad der fettigen Degeneration und muskulären Atrophie und die Operabilität des Defekts beurteilt. Bei irreversiblen Rotatorenmanschettendefekt besteht die Indikation zur inversen Endoprothese.

2.3.1. Entwicklung der Schulterendoprothese

Neer begründete Anfang der 50er-Jahre die moderne Schulterendoprothetik ²⁰.

Bei der 1955 vorgestellten Prothese Typ I handelte es sich um eine nicht gekoppelte Hemiprothese, die ursprünglich für die Frakturversorgung entwickelt wurde. Diese Prothese wurde 1973 zum Typ II modifiziert und gelangte nach klinischer Erprobung 1983 in den Handel. Erstmals war nun auch ein endoprothetischer Ersatz der Pfanne vorgesehen. Man spricht hier von der sog. 1. Generation der Schulterendoprothesen. Es handelt sich um nichtmodulare Monoblockprothesen, bei denen der Kopf fest mit dem Schaft verbunden ist. Unterschiedliche Kopfgrößen des integrierten Prothesenkopfs und unterschiedliche Schaftlängen und -dicken ermöglichten eine erste individuelle Anpassung. Allerdings konnte weder in der Koronar- noch in der Axialebene die Geometrie des proximalen Humerus identisch nachgebildet werden, da nur ein Kopfradius von 44 mm und nur zwei verschiedene Kalottenhöhen von 15 und 22 mm vorhanden sind. Eine komplette Replikation der individuellen Kalottenanatomie ist nicht zu erreichen, da sich die Größe des Humeruskopfes

aus einem konstanten Längenverhältnis von Kopfradius und Kalottenhöhe in der Koronarebene definiert.

Bei Verwendung eines nichtanatomischen, zu großen Prothesenkopfes werden alle Bewegungsrichtungen des Armes im Bewegungsumfang erheblich eingeschränkt. Oft zeigt sich eine Umkehr des scapulohumeralen Bewegungsrhythmus, da eine anatomische Reproduktion des variablen Inklinationswinkels und des Kopfzentrums, das gegenüber dem Schaftzentrum nach medial und dorsal versetzt ist, nicht möglich ist. 1971 wurde der Pfannenersatz aus Polyethylen entwickelt, der den exakt gleichen Krümmungsradius des Prothesenkopfes hatte. Es lag dadurch eine gute Stabilität vor, allerdings konnte der physiologische Roll-Gleit-Mechanismus damit nicht rekonstruiert werden und der verbesserte, aber unphysiologische Gelenkschluss führte zu einer erhöhten Pfannenlockerung.

Dines und Warren entwickelten Ende der 80er Jahre die modulare Biomet-Prothese. Diese ist ein typischer Vertreter der 2. Generation der Schulterprothesen. Die Besonderheit war, dass nun verschiedene Schäfte und Kalotten miteinander kombiniert werden konnten. Dies erleichterte die anatomische Anpassung und die Revision²¹. Außerdem bietet das modulare Konzept die Möglichkeit einer der Weichteilsituation angepassten Kalottenauswahl unter besonderer Berücksichtigung des lateralen humeralen Offsets. Der Roll-Gleit-Mechanismus wurde durch Änderung der korrespondierenden Radien von Kopf und Glenoid freigegeben. Allerdings kann bei zementfreier Verankerung der modularen Schäfte die Position der Prothesenköpfe nicht immer genau 90° plan auf der humeralen Resektionsfläche ausgerichtet werden, da die Positionierung des Kopfteils hauptsächlich durch die Richtung und Position des eröffneten Markraums bestimmt wird. Neuere Modifikationen der Prothesen erlauben auch eine exzentrische Positionierung der Kopfkalotte, eine variable Einstellung des Inklinationswinkels ist aber weiterhin nicht möglich. Eine anatomische Anpassung der Kalotte auf der humeralen Resektionsfläche wird aus diesem Grund nicht immer erreicht.

Die von Swanson (Swanson et al. 1989) entwickelten und von Worland modifizierten (Wirth und Rockwood 1996) Bipolarprothesen sind durch Verbesserung der deltoidalen Vorspannung bei Verschiebung des humeralen Offsets nach lateral kraftschlüssige Systeme. Durch Vergrößerung der Prothesenhalslänge wird das Drehzentrum medialisiert, der Humerus wird lateralisiert und gering kaudalisiert. Durch die Lateralisierung und Kaudalisierung erhält der M. deltoideus einen besseren Hebelarm und Verluste der Rotatorenmanschette können damit zum Teil ausgeglichen werden. Ein Nachteil der Bipolarprothese ist der geringe Kopfradius des Innenkopfes, der nur einen kleinen Kreisradius zulässt und den glenohumeralen

Bewegungsumfang einengt. Ein physiologischer Roll-Gleit-Mechanismus ist nicht möglich. Aufgrund schlechter funktioneller Ergebnisse und Abnahme der Kugelkopfbeweglichkeit der Endoprothese mit zunehmender Standzeit hat sich das Bipolarsystem nicht durchgesetzt.

In den 90er Jahren wurde die 3. Generation der Schulterprothesen entwickelt. Walch und Boileau zeigten in anatomischen Studien die komplizierte Beziehung zwischen Schaft- und Kalottenachse^{22 23}. Der Kopf hat eine variable Inklinaton, sein Zentrum ist gegenüber dem Schaft nach dorsal und medial verschoben. Dies wurde bei der Aequalis-Prothese (Tornier) berücksichtigt. Hier ist eine variable Inklinaton und eine exzentrische Einstellung der Kalotte gegenüber dem Schaft möglich. Der individuelle Inklinationswinkel wird mit einem modularen Winkeladapter in Schritten von jeweils 5° zwischen 125 und 140° rekonstruiert. Das nach medial und dorsal versetzte Drehzentrum kann prothetisch rekonstruiert werden, da die Kopfkalotte exzentrisch auf dem Winkeladapter verankert werden kann. Die Wiederherstellung des Originalrotationszentrums verhindert eine erhöhte Spannung an der Rotatorenmanschette und vermindert eine exzentrische Pfannenüberlastung.

Gerber (Anatomica, Zimmer) und Habermeyer (Univers, Arthrex²⁴) entwickelten die Schulterprothesen der vierten Generation mit einer stufenfreien Modularität um drei Achsen. Zusätzlich zur variablen Adjustierung des Inklinationswinkels und der Kopfexzentrizität wurde nun die starre Verbindung zwischen Prothesenschaft und Kalotte mit einer Versionsmöglichkeit im Kopf-Hals-Bereich freigegeben. Verstellungen der Kalotte sind in drei Ebenen möglich, um die Schaftachse (Ante-, Retroversion), in der Koronarebene (Inklinationswinkel) und in der Sagittalebene (posteromedialer Offset). Eine Ante- und Retrotorsion um die Kopf-Hals-Achse wird möglich, was besonders wichtig ist, da der Prothesenschaft der Richtung des Markraumkanals folgt und deshalb die Position des Prothesenkopfes determiniert. Durch die freie Kopf-Hals-Verbindung stellt sich die Prothesenkalotte automatisch auf die richtige Resektionsebene ein und korrigiert auf diese Weise Achsabweichungen des Prothesenstiels. Die glenohumale Druckverteilung, die Muskelkräfte und die Knochenbelastung sind ähnlich zur physiologischen Situation. Die neuen Schaftprothesen der vierten Generation bieten die Möglichkeit, den modularen Kopfteil gegen eine inverse Humeruspfanne zu tauschen, wodurch man im Fall eines Wechsels auf inverse Implantate den dafür notwendigen Schaftwechsel vermeiden kann.

1986 entwickelte Grammont die inverse Schulterprothese, bestehend aus einer medialisierten Glenosphäre auf der scapulären Seite und einer konkaven Pfanne auf der humeralen Seite.

Durch das Größenverhältnis Pfanne zu Sphäre ergibt sich eine große Bewegungsfreiheit mit einem Drehzentrum, das sich zentral in der Glenosphäre befindet. Die Kräfte, die zu einer Lockerung der Prothese führen können reduzieren sich, da das Rotationszentrum medialisiert wird. Außerdem wird die Vorspannung des M. deltoideus durch das caudalisieren des Humerus, durch Resektion des Kopfes proximal des Halses, verbessert.

Indikationen für die Implantation einer inversen Schulterendoprothese sind primäre oder sekundäre glenohumerale Arthrosen bei intakter, aber funktionell insuffizienter Rotatorenmanschette. Ebenso ist die Implantation bei nichtrekonstruierbaren Rotatorenmanschettendefekten ohne Arthrose, bei primärer Omarthrose, bei Tumoren und bei Frakturen bei älteren Patienten möglich. Zu den Kontraindikationen zählen vorbestehende Paresen der oberen Extremität, eine traumatische, komplette Lähmung des N. axillaris und ein insuffizientes Pfannenlager mit fehlender Verankerung für die glenoidale Basisplatte. Ebenso darf keine Instabilität im AC-Gelenk oder eine Störung der muskulären Scapulakontrolle vorliegen. Bei fehlender Stabilisierung der Scapula fehlt die Basis für eine ausreichende Kraftentfaltung des M. deltoideus, was zu einem Funktionsverlust und zu chronischen Neuropathien des Plexus oder des N. suprascapularis führen kann.

Copeland²⁵ stellte im Jahr 1990 in England eine zementfreie Kappenprothese vor, die aber auf wenige Größen beschränkt war. Es handelt sich um ein modifiziertes Cup-Design mit zentralem, zylindrischem Konus. Mittlerweile wurde diese Oberflächenersatz-Prothese überarbeitet und um weitere Modelle ergänzt (Durom-Cup, Global-CAP, Eclipse). Bei dieser Art von Prothesen sind die Revisionen einfacher und der Knochenverlust ist geringer. Der seit 2005 erhältliche schaftfreie Humeruskopfersatz (Eclipse, Fa. Arthrex) bietet anatomische Kopfgrößen in 2-mm-Schritten. Die Kalottenpositionierung erfolgt unabhängig von der Schaftachse. Ein weiterer Vorteil ist die ideale Anpassung des humeralen Offsets durch Ausrichtung auf die Kortikalisränder am resezierten anatomischen Hals. Bei der Pfannenimplantation ist das Glenoid frei zugänglich. Die Operation ist auch mit einem minimalinvasiven Zugang möglich. Ein weiterer wichtiger Vorteil ist die Möglichkeit eines komplikationslosen Wechsels auf eine anatomische oder inverse Schaftprothese im Revisionsfall. Gerade für jüngere Patienten mit degenerativen Veränderungen des Schultergelenks muss im weiteren Verlauf des Lebens mit Wechseloperationen gerechnet werden.

2.3.2. Biomechanik und Prothesendesign

Der anatomische Hals der Kalotte, sowie die auf ihm senkrecht stehende Kalottenachse, die gegenüber der Schaftachse um 2-4 mm nach dorsal und nach medial verschoben ist, sind die wichtigsten anatomischen Landmarken für die Prothesenimplantation. Die Retrotorsion der Kalotte gegenüber der Kondylenachse am Ellbogen beträgt etwa 20° . Die Kalottenachse bildet mit der Schaftachse einen Inklinationwinkel von etwa 130° .

Es ist sehr wichtig, bei der Prothesenimplantation ein Overstuffing durch die Wahl einer zu großen Kopfkalotte oder einer zu dicken Pfanne, zu vermeiden. Die Wahl einer großen Kopfkalotte ermöglicht einen großen Bewegungsumfang, da die für Bewegungen gegenüber der Pfanne verfügbare Fläche groß ist.

Ein weiteres Problem bei der Prothesenimplantation stellt das „Rocking-horse-Phänomen“ dar. Jede Translation des Prothesenkopfes führt unter dynamischen Bedingungen zu einer exzentrischen Belastung der Gelenkpfanne zum Pfannenrand hin. Dies führt zu einem Abrieb des Polyäthylens der Pfanne auf der Belastungsseite und einer Entlastung des gegenüberliegenden Pfannenrandes. Dieses Schaukelpferdphänomen wurde erstmals von Matsen²⁶ beschrieben. Die Lockerung beginnt typischerweise auf der Seite der Pfanne, die der stärksten Translationsbewegung gegenüberliegt. Auf den Röntgenbildern sind in dieser Zone Lysesäume darstellbar.

Das Verhältnis zwischen Kalottenradius und Pfannenradius stellt ein weiteres Problem dar. Man spricht vom sogenannten Mismatch. Wird der Pfannenradius etwa 5 mm größer als der Kalottenradius gewählt, kann die Prothesenkalotte auf der verhältnismäßig flacheren Pfanne nicht nur rotieren, sondern auch gleiten. Dies wird bei Totalendoprothesen der 3. und 4. Generation so durchgeführt. Aufgrund des verminderten Flächenkontaktes wird das Polyäthylens der Pfanne stärker belastet. Dies führt zu einer Zunahme des Abriebs, was die Lockerung begünstigt. Allerdings begünstigt ein hoher „Mismatch“ die natürliche Translation des Humeruskopfes auf der Pfanne und schont das knöcherne Pfannenlager.

Eine wesentliche Voraussetzung für die dauerhafte Stabilität der Pfanne ist die Passgenauigkeit zwischen Pfanne und Pfannenlager. Eine konvexe Rückfläche passt sich der natürlichen Pfanne

gut an und ist knochensparend. Im Vergleich zur planen Rückfläche besitzt sie eine größere Auflagefläche. Das Pfannenlager kann mit geeigneten Raspeln der Rückfläche einer konvexen Prothese ideal angepasst werden. (Matsen ²⁷) Im Vergleich zur planen Rückseite besitzt sie eine größere Auflagefläche. Eine konkave Pfannenaufgabe wirkt einer exzentrischen Scherbelastung durch relativ größere Auflagefläche und damit größerem Widerstand entgegen. Es erfolgt eine gleichmäßigere Übertragung der exzentrisch auftretenden Randbelastungen auf das knöcherne Pfannenlager, was die Gefahr einer vorzeitigen Lockerung reduziert.

Die Pfanne wird zur besseren Verankerung entweder mit einem zentralen Kiel oder mehreren Verankerungszapfen, die Pegs genannt werden, versehen. Radiologische Lysesäume sind bei Peg-Pfannen seltener als bei Kielpfannen, da die Verankerung mehr am Rand als im Zentrum erfolgt. Außerdem muss weniger Knochen entfernt werden und es steht eine größere Fläche für die Zementierung zur Verfügung ²⁸. Alles zusammen wirkt dem Schaukelpferdphänomen entgegen.

Die Frage, ob eine Prothese zementiert oder zementfrei implantiert wird, hängt von der Knochenqualität ab. Zementfreie Schäfte kommen vor allem für jüngere Patienten mit guter Knochenqualität in Betracht. Die zementfreien Schäfte sollen nur im proximalen Bereich einwachsen. Sie weisen in Abhängigkeit vom Prothesenmodell akzeptable Revisionsraten auf. Zementierte Pfannen sind gegenwärtig als Standard anzusehen. Die Zementiertechnik ist entscheidend. Sie führt nur bei Bluttrockenheit und einer guten Impaktierung des Zements zu guten Ergebnissen. Eine weitere Option sind zementfreie Pfannen, die sich in einer Metallschale abstützen ²⁹. Die Metallschale wirkt als Zwischenlager, so werden die Kräfte verteilt. Nach der knöchernen Integration wird so das von vornherein kleine Lager der Pfanne geschont. Dies ist für die Langzeitstabilität essentiell. Ein Problem der zementfreien Pfannen ist, dass das Polyethyleninlay dissoziieren kann. Außerdem begünstigt eine zementfreie Pfanne das „Overstuffing“. Bauartbedingt ist eine Pfanne aus einer Metallschale mit einem Polyethyleninlay immer dicker als eine reine Polyethylenpfanne. Weder die Metallschale noch das Polyethyleninlay können beliebig dünn gemacht werden, ohne deren Stabilität zu gefährden und zu einem vorzeitigen Verbrauch zu führen.

3. Spezieller Teil

3.1. Patienten und Methodik

3.1.1. Patientenkollektiv

Anhand einer retrospektiven radiologischen Analyse wurden 100 Patienten mit primärer Omarthrose in die Studie eingeschlossen. Diese setzen sich aus 62 Frauen und 38 Männern zusammen. Die Patienten sind zwischen 47 und 85 Jahre alt, das mittlere Alter beträgt 67,7 Jahre. Alle Patienten leiden an einer primären Omarthrose.

Die Kontrollgruppe wird aus 100 gesunden Patienten gebildet. Diese setzen sich aus 25 Frauen und 75 Männer zusammen, die zwischen 25 und 37 Jahren alt sind. Das mittlere Alter beträgt 31,8 Jahre. Bei diesen Patienten konnten keine Anzeichen von degenerativen Veränderungen des Schultergelenks, Verletzungen der Rotatorenmanschette oder Schulterinstabilität als Ursache für die Schulterschmerzen nachgewiesen werden. Dies wurde klinisch, sonographisch und radiologisch bestätigt. Der Zustand der Rotatorenmanschette wurde mit Hilfe des OP-Berichtes mit einem standardisierten Erfassungsbogen dokumentiert.

Bei allen Patienten wurden standardisierte Röntgenaufnahmen in drei Ebenen durchgeführt (true antero-posterior in Neutralstellung, axillär und y-Ansicht) und von zwei Untersuchern ausgewertet. 95 der 100 Omarthrose-Patienten erhielten eine Schultergelenksprothese. 77 Patienten wurden mit einer Totalendoprothese versorgt, 18 mit einer Hemiendoprothese.

3.1.2. Röntgen- und Messtechnik

Zur radiologischen Darstellung des Schultergelenks gehört die true antero-posteriore Röntgenaufnahme. Sie wird beim stehenden Patienten durchgeführt. Der Röntgenschild befindet sich hinter dem Patienten. Die Scapula liegt dem Röntgenschild flach an und der Arm des Patienten befindet sich in Neutralstellung. Der Strahlengang durchdringt in antero-posteriorer Richtung mit 10° Abweichung zur Senkrechten die Scapula. (Abb.6)

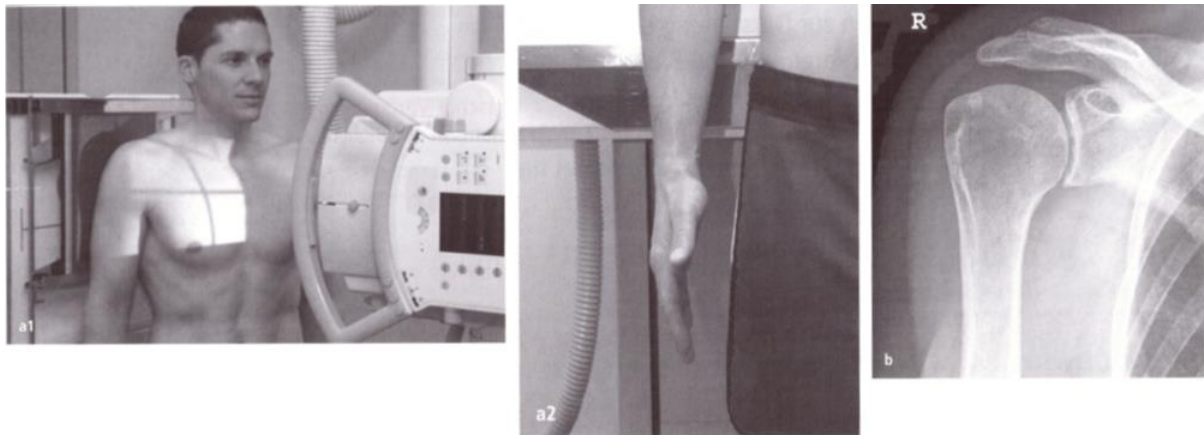


Abb. 6:

a.p. Standardaufnahme.

a: Das Schulterblatt der betroffenen Schulter liegt der Röntgenkassette flach an. Am hängenden, im Ellenbogengelenk gestreckten Arm zeigt der Daumen nach vorne, was eine leichte Außenrotation im Schultergelenk bedingt.

b: Die Gelenkpfanne wird orthograd abgebildet, das Tuberculum majus wird profilgebend.

Eine weitere wichtige Ebene ist die axiale Röntgenaufnahme. Hier sitzt der Patient seitlich zum Röntgentisch. Der Arm wird in 70°-90° Abduktion und 90° Flexion des Ellenbogens auf dem Röntgentisch positioniert. Der Röntgenschild befindet sich neben der Schulter auf dem Tisch. Das Röntgengerät ist über der Schulter angebracht, so dass der Strahlengang von superior nach inferior durch das Schultergelenk geht. (Abb. 7)

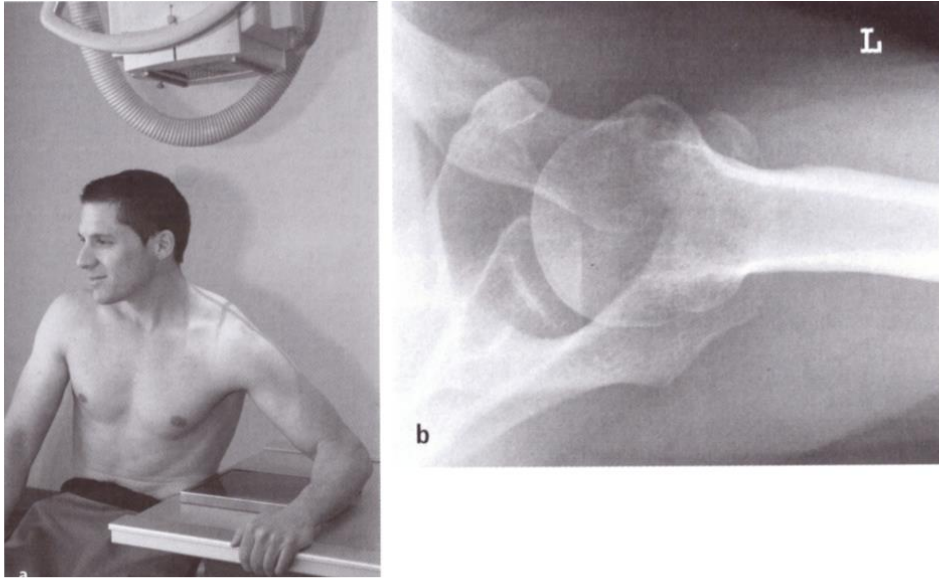


Abb. 7:

Axiale Standardaufnahme.

a: Einstellung.

c: Axiale Standardaufnahme.

Die dritte Aufnahmetechnik ist die y-view Aufnahme. Die Scapula stellt sich y-förmig ohne Rippenüberlagerung dar. Der lange Schenkel der Y-Figur ist das tangential getroffene Schulterblatt, die kurzen Schenkel entsprechen dem Processus coracoideus und dem Acromion. Im Schnittpunkt der drei Schenkel wird die Gelenkpfanne in Aufsicht dargestellt. Der Humeruskopf projiziert sich auf die Pfanne, der Subacromialraum ist frei dargestellt. Der Patient steht p-a und wird entsprechend seiner Haltung 30-50° auf der gesunden Seite aufgedreht. (Abb. 8)

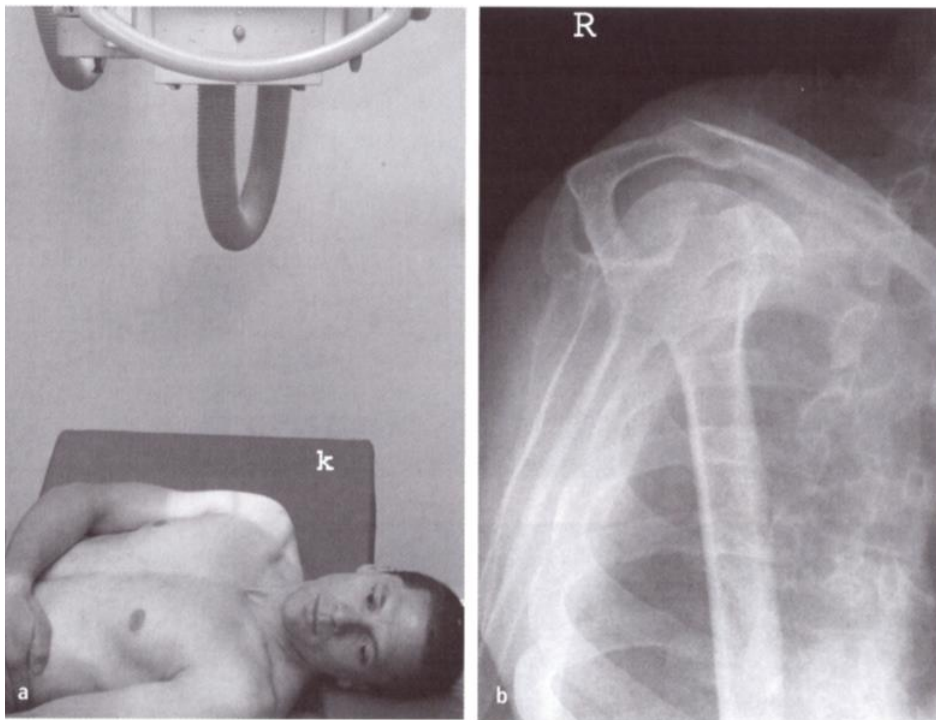


Abb. 8:

Skapula-Y-Aufnahme (kann auch bei innenrotiertem Arm bzw. im Liegen durchgeführt werden).

a: Der Oberkörper ist um etwa 60° aufgedreht. Der Zentralstrahl verläuft tangential zum Schulterblatt. Der Arm befindet sich in Null-Grad-Rotation oder aber in Innenrotation (k, Keilpolster).

b: Skapula-Y-Aufnahme bei korrekter Kopf-Pfannen-Beziehung.

Anhand dieser Röntgenaufnahmen kann nun der Winkel der Glenoidinklination bestimmt werden.

Um den Winkel zu messen, wird auf dem Röntgenbild eine Linie vom superioren zum inferioren Rand des Glenoids, die Glenoidlinie, gezogen. Eine zweite Linie läuft entlang der Basis des Coracoidvorsprungs vom superioren Glenoidrand senkrecht zum unteren Rand des Röntgenbildes, wie von Boileau und Walch ³⁰ beschrieben. Dies ist die Coracoidbasislinie. Während der anteroposterioren Röntgenaufnahme befindet sich der Patient in einer standardisierten Position, so dass die untere Grenze des Röntgenbildes parallel zum Boden steht und sich die laterale Basis des Coracoids nicht mit der Rotation der Scapula ändert. Aus diesem Grund ist die Coracoid-Basislinie reproduzierbar. Eine negative Zahl als Ergebnis der Winkelbestimmung zeigt ein nach inferior gerichtetes Glenoid an, eine positive Zahl ein nach

superior gerichtetes Glenoid. In der koronaren Ebene ist eine superiore und inferiore Dezentralisierung des Humeruskopfes zu beobachten. Die Dezentralisierung ist definiert als eine Abweichung des Zentrums des Humeruskopfes von mehr als 5 mm superior oder inferior vom Zentrum des Glenoids in der koronaren Ebene.

Die axilläre Röntgenaufnahme dient zur Bestimmung der Glenoidabnutzung in der transversalen Ebene. Dazu wird die Klassifizierung der Glenoidmorphologie, beschrieben von Walch et al.³¹, herangezogen. Auch die Dezentralisierung des Humeruskopfes wird dokumentiert. Walch et al. definieren drei Typen der Glenoidmorphologie (Abb.1) . Typ A bezeichnet eine gleichmäßige Verteilung der Kräfte, die auf das Glenoid und einen zentralisierten Humeruskopf einwirken. Typ A1 ist charakterisiert durch eine zentrische Humeruskopfposition mit physiologischer Konkavität der Pfanne. Typ A2 beschreibt eine zentrische Humeruskopfposition mit zentraler Protrusion und konkavem Glenoidverbrauch. Typ B1 ist definiert durch eine asymmetrische Kraftverteilung auf das Glenoid, die zu einem posterioren Gelenkspaltverlust, zu einer subchondralen Sclerosierung des posterioren Glenoidrandes und multiplen Geröllzysten posterior führen kann. Typ B2 beschreibt eine exzentrische posteriore Humeruskopfposition mit bikonkavem hinterem Glenoidverbrauch. Typ C beschreibt eine primär dysplastische Glenoidretroversion von mehr als 25°.

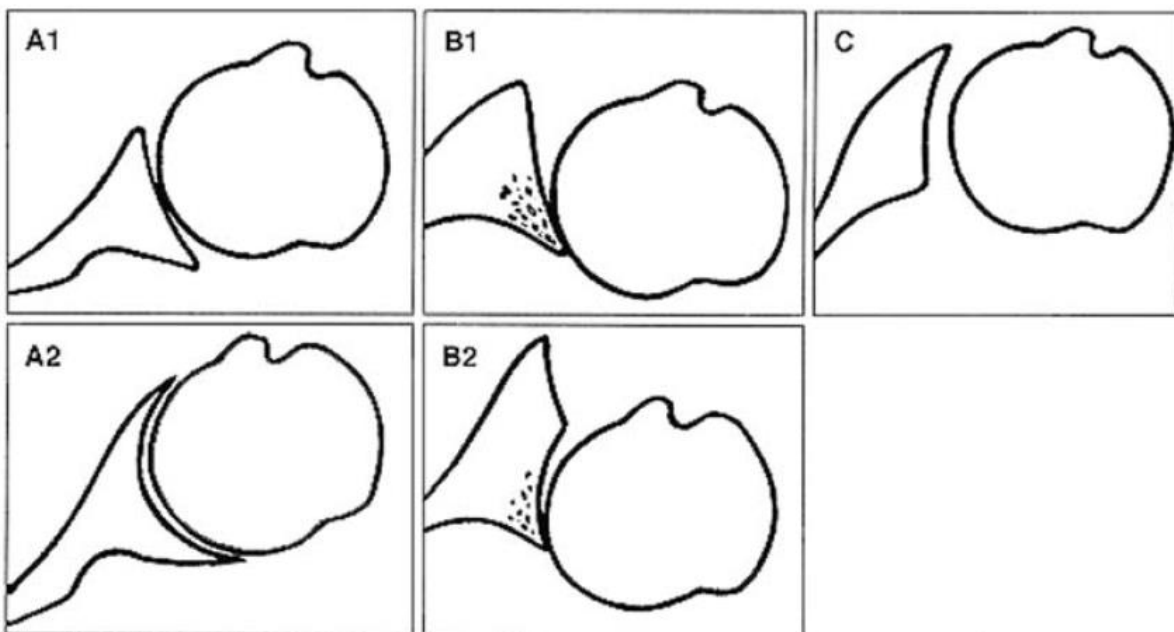


Abb. 9:
Gradeinteilung der Glenoidmorphologie bei Omarthrose nach Walch.

Da sich die im Röntgenbild eingezeichnete Achse der Scapula nicht mit der Rotation der Scapula ändert, wird die Bestimmung der Glenoidmorphologie mit dieser Methode nicht durch die Rotation der Scapula bei Patienten mit Omarthrose und eingeschränkter Abduktion von weniger als 90°, beeinflusst.

3.1.3. Statistische Auswertung

Die Beziehungen zwischen dem Inklinationstyp, dem Winkel der Glenoidinklation, der Dezentrierung des Humeruskopfes, dem intraoperativen Zustand der Rotatorenmanschette und der Glenoidmorphologie in der transversalen Ebene wurden mit Hilfe des Pearson Chi²-Tests für kategoriale Daten ausgewertet.

Der Chi²-Test wurde für die Unterschiede der Geschlechtsverteilung, der Verteilung des Typs der Glenoidinklation bei Patienten mit Omarthrose und bei Patienten der Kontrollgruppe, und für die Unterschiede der Verteilung des Typs der Glenoidinklation zwischen Frauen und Männern.

Um die Verteilungsunterschiede des Inklinationswinkels zwischen verschiedenen Typen der Inklination darzustellen, wurden der Kruskal-Wallis-Test und der Mann-Whitney U-Test verwendet. Das Signifikanzniveau wurde bei $p < 0,05$ festgelegt. Alle statistischen Auswertungen wurden mit SPSS (version 11.0 for Windows; SPSS, Chicago, Illinois) durchgeführt.

3.2. Ergebnisse

Ein signifikanter Unterschied in Bezug auf die Geschlechtsverteilung zwischen Patienten der Kontrollgruppe und Patienten mit Omarthrose wurde nicht festgestellt ($p = 0,496$).

Bei der Untersuchung der true anteroposterioren Röntgenbilder konnten vier Inklinationswinkel unterschieden werden.

Typ 0 bezeichnet das normale Glenoid, bei dem die Coracoid-Basislinie und die Glenoidlinie parallel verlaufen (Abb. 2). Typ 1 beschreibt ein Glenoid, bei welchem sich die beiden Linien unterhalb des inferioren Glenoidrandes schneiden (Abb. 2). Bei einem Typ 2-Glenoid

schneiden sich die Coracoid-Basislinie und die Glenoidlinie zwischen dem inferioren Glenoidrand und dem Zentrum des Glenoids (Abb. 2). Wenn sich die Linien oberhalb der Coracoidbasis schneiden, spricht man von einem Typ 3-Glenoid (Abb. 2).

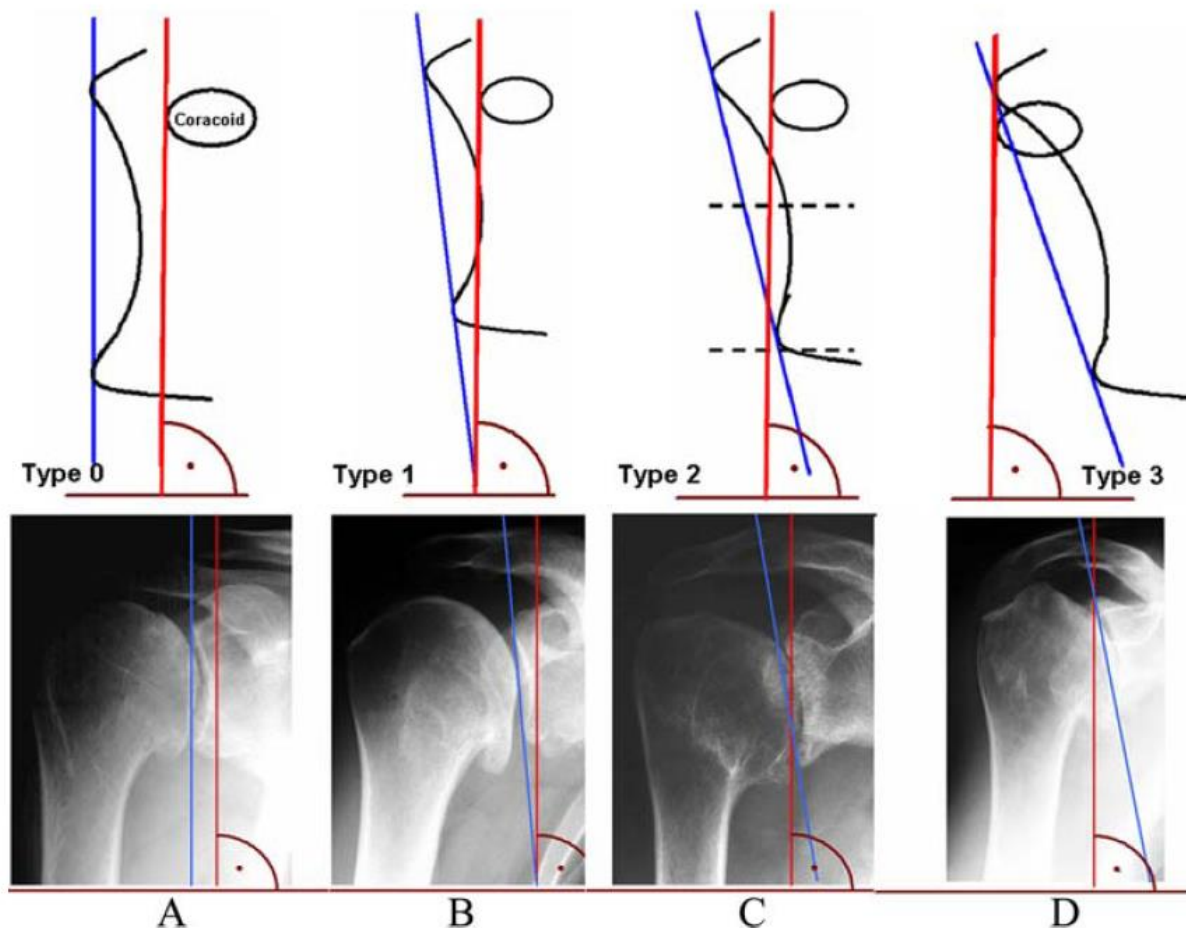


Abb. 10:

Klassifikation der Glenoidinklation:

A: Typ 0: Die Coracoidbasislinie (rot) und die Glenoidlinie (blau) verlaufen parallel (die braune Linie stellt die inferiore Grenze des Röntgenbildes dar).

B: Typ 1: Die Coracoidbasislinie und die Glenoidlinie kreuzen sich unterhalb des inferioren Glenoidrandes.

C: Typ 2: Die Coracoidbasislinie und die Glenoidlinie kreuzen sich zwischen dem inferioren Glenoidrand und dem Zentrums des Glenoids.

D: Typ 3: Die Coracoidbasislinie und die Glenoidlinie kreuzen sich oberhalb der Coracoidbasis.

Tabelle 1 stellt die Verteilung der Inklinationstypen grafisch dar. Es stellte sich heraus, dass Patienten mit Omarthrose, verglichen mit der Kontrollgruppe, signifikant öfter ein Glenoid Typ 2 und Typ 3 haben ($p < 0,0001$).

Inklinationstyp	Patienten mit Omarthrose (n=100)	Kontrollgruppe (n=100)
0 (normal)	13	45
1	16	49
2	54	6
3	17	0

Tabelle 1: Aufteilung der Schultern nach der Glenoidmorphologie in der koronaren Ebene in Bezug auf die inferiore Glenoidinklination.

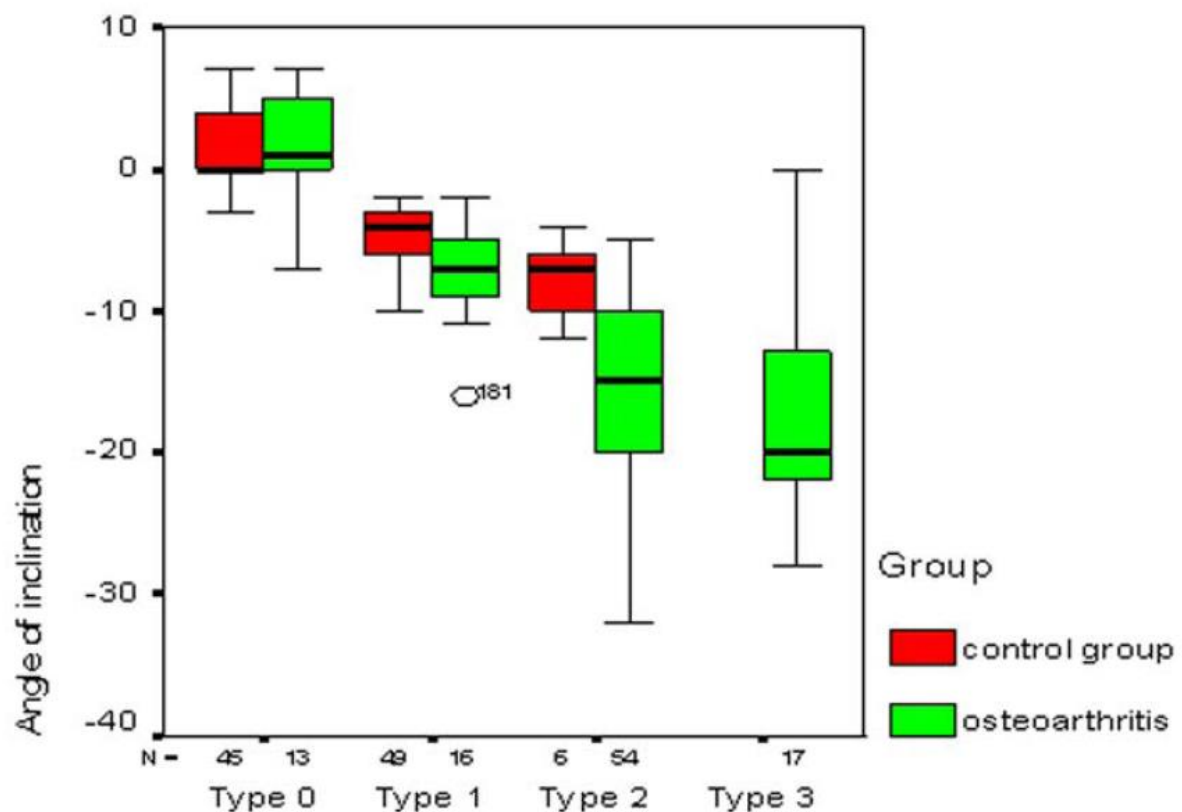


Abb. 11:

Verteilung der Inklinationswinkel der unterschiedlichen Inklinationstypen der Gruppe der Omarthrose-Patienten und der Patienten der Kontrollgruppe.

Bei den Patienten mit Omarthrose bewegte sich der Mittelwert und die Standardabweichung des Inklinationswinkels von $-12,6^\circ$ (SD $\pm 8,7^\circ$), min max von $-3,2^\circ - 7^\circ$. Der mittlere Inklinationswinkel bei Patienten mit Omarthrose war signifikant niedriger ($p < 0,0001$), als der bei gesunden Patienten. Die Verteilung der durchschnittlichen Inklinationswinkel bei den unterschiedlichen Inklinationsstypen ist in Tabelle II dargestellt.

Inklinationstyp	Durchschnittlicher Inklinationswinkel	
	Patienten mit Omarthrose	Kontrollgruppe
0 (normal)	$1,7^\circ$ (-7° bis 7°)	$1,3^\circ$ (-3° bis 7°)
1	$-7,1^\circ$ (-16° bis -2°)	$-4,8^\circ$ (-10° bis -2°)
2	$-16,0^\circ$ (-32° bis -5°)	$-7,7^\circ$ (-12° bis -4°)
3	$-17,7^\circ$ (-28° bis -12°)	

Tabelle II: Verteilung der Inklinationswinkel in Bezug auf den Inklinationstyp.

Sowohl bei Patienten mit Omarthrose, als auch bei Patienten der Kontrollgruppe unterschied sich die Verteilung der Inklinationswinkel deutlich ($p < 0,0001$) innerhalb der verschiedenen Inklinationstypen. Der Mittelwert des Inklinationswinkels stieg bei den Patienten mit Omarthrose zwischen Typ 0 und Typ 2 deutlich ($p < 0,0001$) an. Auch bei der Kontrollgruppe zeigte sich hier ein deutlicher Anstieg ($p < 0,05$).

Bei der Bewertung der Glenoidmorphologie auf den axillären Röntgenbildern nach Walch et al.³² beobachteten wir in der Kontrollgruppe nur Typ A1-Glenoide. Von den Patienten mit Omarthrose hatten 20 ein Typ A1-Glenoid, 26 Patienten ein Typ A2-Glenoid, 28 ein Typ B1-Glenoid und 25 Patienten ein Typ B2-Glenoid.

Tabelle III zeigt die Verteilung der Glenoidmorphologie im Verhältnis zum Inklinationstyp. Bei 47 der Omarthrosepatienten konnte sowohl posterior, als auch inferior ein Glenoidverschleiß beobachtet werden. Es zeigte sich hier kein Zusammenhang (Korrelationskoeffizient = $-0,74$; $p = 0,47$) zwischen dem Typ der Glenoidinklination und der Glenoidmorphologie. Eine Korrelation zwischen der Glenoidmorphologie und der posterioren Dezentralisierung konnte im axillären Röntgenbild erkannt werden (Korrelationskoeffizient = $0,538$; $p < 0,0001$).

Inklinationstyp	Klassifizierung der Glenoidmorphologie nach Walch et al.				
	A1	A2	B1	B2	C
0 (normal)	2	5	3	3	0
1	4	1	6	5	0
2	11	14	11	17	0
3	3	6	8	0	0

Tabelle III: Verteilung der Glenoidinklination im Vergleich zum Inklinationstyp bei Omarthrosepatienten.

Es zeigte sich bei 26 (27%) der 95 Patienten mit Omarthrose, die eine Schulterprothese erhielten, intraoperativ eine Rotatorenmanschettenläsion. Bei 22 Patienten war eine tiefe Teilruptur der Supraspinatussehne zu beobachten. Vier Patienten wiesen eine Supraspinatussehnenruptur auf. Die Läsionen der Rotatorenmanschette korrelierten nicht mit der Position des Humeruskopfes in der coronalen Ebene.

58 der 100 Patienten mit primärer Omarthrose zeigten eine exzentrische Lage des Humeruskopfes in der koronaren Ebene. Es war eine leichte Korrelation zwischen dem Inklinationstyp und der Position der Humeruskopfes in der coronalen Ebene erkennbar ($r = -0,223$; $p = 0,027$).

36 der 100 Omarthrosepatienten wiesen eine Dezentralisierung des Humeruskopfes in der transversalen Ebene auf. Es zeigte sich eine positive Korrelation ($r = 0,538$; $p < 0,0001$) zwischen der Position des Humeruskopfes in der transversalen Ebene und der Glenoidmorphologie (Tabelle IV).

Position des Humeruskopfes	Klassifizierung der Glenoidmorphologie nach Walch et al.			
	A1	A2	B1	B2
Zentriert	18	21	21	4
Anterior	3	1	2	0
Posterior	0	4	6	20

Tabelle IV: Häufigkeit eines Glenoidtyps im Vergleich zur Position des Humeruskopfes auf der axillären Röntgenaufnahme.

Ein zentrierter Humeruskopf auf dem anteroposterioren und dem axillären Röntgenbild zeigte sich bei 49 der 100 Patienten mit Omarthrose. Die Verteilung der Dezentrierung des Humeruskopfes ist in Tabelle V dargestellt.

Axilläres Röntgenbild	True a.p. Röntgenbild		
	Zentrierter Humeruskopf	Inferior dezentrierter Humeruskopf	Superior dezentrierter Humeruskopf
Zentrierter Humeruskopf	49	5	10
Anterior dezentrierter Humeruskopf	2	1	3
Posterior dezentrierter Humeruskopf	20	1	9

Tabelle V: Position des Humeruskopfes bei 100 Patienten mit Omarthrose in der True a.p. Röntgenaufnahme und in der axillären Röntgenaufnahme.

Die Gültigkeit der Klassifikation der Glenoidinklination der Untersucher war für die Kontrollgruppe 0,82 (Cohen's kappa) und für die Gruppe der Patienten mit Omarthrose 0,952. Die Korrelation der Winkel-Messtechnik der Untersucher war 0,961. Der durchschnittliche Unterschied der zwei Untersucher war $0,84^{\circ}$, mit einer maximalen Abweichung von 5° . Die Korrelation der Untersucher für die Gruppe der Omarthrosepatienten war 0,989, mit einer durchschnittlichen Abweichung der Messung von $0,92^{\circ}$ und einer maximalen Diskrepanz von 5° .

3.3. Diskussion

In der Studie zeigen sich vier verschiedenen Typen der Glenoidinklination. Laufen die Linie an der Basis des Processus coracoideus und die Linie am Rand des Glenoids parallel, spricht man von einem Typ-0-Glenoid. Beim Typ-1-Glenoid schneiden sich beide Linien unterhalb des inferioren Glenoidrandes. Schneiden sich die Linien zwischen dem inferioren Glenoidrand und der Glenoidmitte handelt es sich um ein Typ-2-Glenoid. Beim Typ-3-Glenoid kreuzen sich die

Linien oberhalb der Basis des Processus coracoideus. Es wurde ein signifikanter Unterschied ($p < 0,0001$) bei der Verteilung der Glenoidtypen zwischen den zwei Patientengruppen beobachtet. Ein kombinierter posteriorer und inferiorer Glenoidverschleiß zeigte sich bei 47 Patienten mit Omarthrose. Eine Korrelation zwischen dem Inklinationstyp und der Beschaffenheit des Glenoids wurde nicht gefunden. Die Beobachterübereinstimmung der Untersuchungen war sehr hoch.

Es gibt verschiedene Studien, die die Anatomie und die degenerativen Veränderungen des Glenoids in der transversalen Ebene beschreiben^{33 34}. Edelson beobachtete an einer Studie mit Leichen bei 3,5% der Menschen mit degenerativen Veränderungen im glenohumeralen Gelenk einen posteroinferioren Glenoidverschleiß³⁵. Im Gegensatz zu dieser niedrigen Rate stellten wir bei 47 der 100 Patienten mit Omarthrose einen posteroinferioren Glenoidverschleiß fest. Es war keine signifikante Beziehung zwischen der Glenoidmorphologie in der transversalen Ebene und in der koronaren Ebene erkennbar. Signifikant mehr Patienten der Omarthrosegruppe (71 der 100 Patienten), zeigten einen inferioren Glenoidverschleiß (Typ 2- oder Typ 3-Inklination). In der Kontrollgruppe wiesen nur sechs der 100 Patienten eine Glenoidinklination Typ 2 auf. Die Lage der Glenoidlinie hängt vom Ausmaß des superioren und inferioren Glenoidverschleißes ab. Es war kein signifikanter Unterschied des mittleren Winkels bei Typ 2- und Typ 3 Glenoiden bei den Patienten mit Omarthrose zu beobachten. Ein Glenoid Typ 3 entwickelt sich bei Patienten mit einem ungleichen Ausmaß des superioren und inferioren Glenoidverschleißes und stellt ein spätes Stadium der Glenoiderosion bei Patienten mit Omarthrose dar. Deshalb komme ich zu dem Ergebnis, dass das Maß des Inklinationswinkels den Glenoidverschleiß in der koronaren Ebene nicht ausreichend beschreibt. Das Ausmaß der Glenoiddeformität wird mit Hilfe einer Klassifizierung mit vier unterschiedlichen Typen genau beschrieben.

Der posteriore Glenoidverschleiß bei Omarthrose und seine operative Behandlung wurden in der Literatur oft beschrieben^{36 37 38}. Glenoidmodelle korrelieren mit einem Anstieg der Veränderungen bei Omarthrose. Die posteriore Subluxation des Humeruskopfes ist im Allgemeinen verbunden mit einem posterioren Glenoidverbrauch³⁹.

Dies belegte unsere Studie. Es zeigte sich eine positive Korrelation zwischen der posterioren Dezentrierung des Humeruskopfes und von Walch et. al.⁴⁰ beschriebenen Glenoidmorphologie. Zusätzlich beschrieben Walch et. al. eine Entwicklung der Glenoidmorphologie von B1 zu B2 durch die Glenoidabnutzung im Alter, die zu einer bikonkaven Erscheinung führt. Die primäre Omarthrose kann von einer Kontraktur des

Musculus subscapularis begleitet werden. Wenn sich die Kontraktur des Musculus subscapularis verstärkt, kann es zu einer posterioren Dezentralisierung des Humeruskopfes kommen. Dies führt zu einem posterioren Glenoidverschleiß. In Bezug auf den Glenoidverschleiß in der koronaren Ebene war kein Zusammenhang zwischen der superioren oder inferioren Dezentrierung des Humeruskopfes und dem Inklinationstyp und -winkel zu beobachten. In einer Studie von von Eisenhart-Rothe et. al., in der dreidimensionale MRT-Bilder von Patienten mit Omarthrose und von einer gesunden Kontrollgruppe verglichen werden, zeigte sich kein Unterschied zwischen beiden Gruppen in Bezug auf die Dezentralisierung des Humeruskopfes in der koronaren Ebene ⁴¹. Der Grund dafür könnte das Fehlen eines Muskelpaares, das in der kраниокаудalen Richtung einen Zug ausübt, vergleichbar mit dem Musculus subscapularis und dem Musculus infraspinatus in anteroposteriörer Richtung sein.

In der Studie von von Eisenhart-Rothe et. al. stellte sich heraus, dass Patienten mit einer Rotatorenmanschettenruptur eine signifikante ($p < 0,005$) superiore Dezentrierung des Humeruskopfes, verglichen mit den Patienten mit primärer Omarthrose, aufweisen. Im Gegensatz dazu beobachteten wir keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Zustand der Rotatorenmanschette und dem Typ der Glenoidinklination.

Die Bestimmung des Inklinationswinkels mit Hilfe von konventionellen, standardisierten true anteroposterioren Röntgenaufnahmen, ohne die Rotation der Scapula zum Brustkorb in Erwägung zu ziehen, scheint eine Schwäche der Studie darzustellen. Der durchschnittliche Inklinationswinkel einer normalen Schulter wurde in Studien mit Leichen auf 4° ($-7^\circ - 15,8^\circ$) ^{42 43} festgelegt. In unserer klinischen Studie beobachteten wir einen durchschnittlichen Inklinationswinkel der Kontrollgruppe von $-2,2^\circ$, der somit in die normale Reihe der Ergebnisse der Leichenstudien fällt. Deshalb stellen wir die Hypothese auf, dass unsere Technik, den Inklinationswinkel zu bestimmen, nicht relevant durch die unterschiedliche Dynamik der vertikalen Neigung der Scapula beeinflusst wird. Das true anteroposteriore Röntgenbild wurde mit dem aufrecht stehenden Patienten mit seitlich herabhängendem Arm durchgeführt. Dadurch bleibt die Scapula in einer statischen Position, um die dynamische Komponente, die die Neigung der Scapula beeinflusst, zu minimieren.

3.4. Schlussfolgerung

Zusammenfassend ist zu sagen, dass bei der Omarthrose der exzentrische inferiore Glenoidverschleiß zu beobachten ist. Dieser führt zu einer inferioren Inklinations-Deformität des Glenoids. Wir fanden vier verschiedene Glenoidtypen in der koronalen Ebene. Der posteriore Glenoidverschleiß und seine operative Behandlung wurden in der Literatur oft beschrieben. Im Gegensatz dazu wurde der inferiore Glenoidverschleiß nur gelegentlich erwähnt. Fast die Hälfte der Patienten unserer Studie mit Omarthrose wiesen einen kombinierten, posterioren und inferioren, Glenoidverschleiß auf.

Bei der Implantation einer Glenoidprothese sollten sowohl die inferiore Glenoiddeformität, als auch der exzentrische posteriore Glenoidverschleiß berücksichtigt werden. Wenn während der Implantation einer Schultergelenksprothese auch das Glenoid ersetzt wird, ist es ratsam, eine Glenoidinklination Typ2 und Typ3, ebenso wie jede Retroversion $> 15^\circ$, zu normalisieren. Ohne die Korrektur einer pathologischen Neigung des Glenoids, kann es postoperativ zu einer statisch ungleichmäßigen Belastung der Glenoidprothese kommen.

Es zeigt sich, dass der exzentrische inferiore Glenoidverschleiss bei Omarthrose häufig ist und unabhängig von der Retroversion des Glenoids. Die exzentrische Belastung des Glenoidersatzes, die zur Lockerung führen kann, wird durch die Normalisierung der Glenoidstellung in der Transversal- und Koronalebene reduziert.

Diese radiologische Klassifizierung erleichtert die Entscheidung die Glenoidinklination beim Glenoidersatz zu normalisieren.

3.5. Zusammenfassung

Das Ziel der Studie war die Beziehung zwischen der Retroversion und der inferioren Glenoidinklination aufzuzeigen und die Glenoidstellung in der Koronalebene zu analysieren. Die Neigung der Glenoidoberfläche zeigt bei Omarthrose eine exzentrische Deformierung in anteroposteriörer und superoinferiörer Richtung.

Es wurden die standardisierten Röntgenaufnahmen in drei Ebenen (true antero-posterior in Neutralstellung, axillär und y-Ansicht) der 100 Omarthrose-Patienten und der 100 sonst gesunden Patienten mit Schulterschmerzen von zwei Untersuchern ausgewertet.

Es konnten vier verschiedene Glenoidinklinationstypen bestimmt werden.

Verlaufen die Coracoid-Basislinie und die Glenoidlinie parallel, spricht man von einem Typ 0 Glenoid. Es handelt sich um das normale Glenoid.

Typ 1 bezeichnet ein Glenoid, bei dem sich beide Linien unterhalb des inferioren Glenoidrandes schneiden.

Wenn sich beide Linien zwischen dem inferioren Glenoidrand und dem Zentrum des Glenoids schneiden, spricht man von einem Typ 2-Glenoid.

Typ 3 bezeichnet ein Glenoid, bei dem sich die Coracoid-Basislinie und die Glenoidlinie oberhalb der Coracoidbasis kreuzen.

Bei Patienten mit Omarthrose zeigte sich, verglichen mit der Kontrollgruppe, signifikant öfter ein Glenoid Typ 2 und Typ 3 ($p < 0,0001$).

Ein sowohl posteriorer als auch inferiorer Glenoidverschleiss zeigte sich bei 47 der Omarthrosepatienten. Ein Zusammenhang zwischen dem Typ der Glenoidinklination und der Glenoidmorphologie konnte nicht festgestellt werden. Es zeigte sich im axillären Röntgenbild eine Korrelation zwischen der Glenoidmorphologie und der posterioren Dezentralisierung.

Läsionen der Rotatorenmanschette standen nicht im Zusammenhang mit der Position des Humeruskopfes in der coronalen Ebene.

Bei Omarthrosepatienten ist der exzentrische inferiore Glenoidverschleiss häufig und zeigt sich unabhängig von der Retroversion des Glenoids. Die neue Klassifizierung hilft bei der Entscheidung die Glenoidinklination beim Glenoidersatz zu normalisieren. Die Gefahr der Lockerung, die durch exzentrische Belastung des Glenoidersatzes entstehen kann, kann so reduziert werden.

4. Literaturverzeichnis

- ¹ Walch G, Badet R, Boulahia A, Khoury A. Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. J Arthroplasty 1999; 14 (6): 756-760.
- ² Neer CS 2nd. Replacement arthroplasty for glenohumeral osteoarthritis. J Bone Joint Surg Am. 1974;56:1-13.
- ³ Neer CS 2nd, Watson KC, Stanton FJ. Recent experience in total shoulder replacement. J Bone Joint Surg Am. 1982;64:319-37.
- ⁴ Walch G, Badet R, Boulahia A, Khoury A. Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. J Arthroplasty 1999; 14 (6): 756-760.
- ⁵ Walch G, Badet R, Boulahia A, Khoury A. Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. J Arthroplasty 1999; 14 (6): 756-760.
- ⁶ Gouaze A, Castaing J, Soutoul JH, Chantepie G. On the orientation of the scapula and of its glenoid cavity. Arch Anat Pathol. 1962;10:175-81.
- ⁷ Edelson JG. Localized glenoid hypoplasia. An anatomic variation of possible clinical significance. Clin Orthop Relat Res. 1995;321:189-95.
- ⁸ Edelson JG. Patterns of degenerative change in the glenohumeral joint. J Bone Joint Surg Br. 1995;77:288-92.
- ⁹ Mallon WJ, Brown HR, Vogler JB 3rd, Martinez S. Radiographic and geometric anatomy of the scapula. Clin Orthop Relat Res. 1992;277:142-54.
- ¹⁰ Churchill RS, Brems JJ, Kotschi H. Glenoid size, inclination, and version: an anatomic study. J Shoulder Elbow Surg. 2001;10:327-32.

- ¹¹ Neer CS 2nd, Watson KC, Stanton FJ. Recent experience in total shoulder replacement. J Bone Joint Surg Am. 1982;64:319-37.
- ¹² Mullaji AB, Beddow FH, Lamb GH. CT measurement of glenoid erosion in arthritis. J Bone Joint Surg Br. 1994;76:384-8.
- ¹³ Keyl W.. (1992) Schultergürtel. In: M. Jäger, J. Wirth (Hrsg) Praxis der Orthopädie. Thieme Verlag Stuttgart, N.Y., S 731-796
- ¹⁴ Lippert H. (1989) Obere Gliedmaße. In: Lippert (Hrsg.) Anatomie Urban & Schwarzenberg. München, Wien, Baltimore, S 158-187
- ¹⁵ Kellgren JH, Lawrence JS (1957) Radiological assessment of osteo-arthritis. Ann Rheum Dis 16(4):494-502
- ¹⁶ Walch G, Boulahia A, Badet R, Riand N, Kempf JF (1999) Primary glenohumeral osteoarthritis: Clinical and radiographic classification. In: Walch G, Boileau P (eds) Shoulder arthroplasty. Springerverlag, Berlin, Heidelberg, N.Y., Tokio, pp 195-201
- ¹⁷ Samilson RL, Pioto V (1983) Dislocation arthropathy of the shoulder. JBJS-A 56(1):456-460
- ¹⁸ Klöbel R., Indikationen für den Gelenkersatz der Schulter. In: R. Klöbel, B. Helbig, W. Blauth (Hrsg.): Schulterendoprothetik Springerverlag, Berlin, Heidelberg, N.Y. S 3-13
- ¹⁹ Habermeyer P, Engel G (2002) Endoprothetik. In: Habermeyer P (Hrsg) Schulterchirurgie. Urban & Fischer, München, Jena, S 497-553
- ²⁰ Neer CS II (1990) Shoulder reconstruction. WB Saunders, Philadelphia
- ²¹ Moeckel BH, Dines DM, Warren RF, Altchek DW (1992) Modular hemiarthroplasty for fractures of the proximal part of the humerus. JBJS-A 74: 884-889
- ²² Walch G, Boileau P (1999) Shoulder arthroplasty. Springer, Berlin Heidelberg New York

- ²³ Walch G, Boileau P, Molé D (2001) 2000 Shoulder Protheses... two to ten year follow-up. Sauramps Medical, Montpellier
- ²⁴ Habermeyer P, Engel G (2002) Endoprothetik. In: Habermeyer P (Hrsg) Schulterchirurgie. Urban & Fischer, München, Jena, S 497-553
- ²⁵ Levy O, Copeland SA (2004) Cementless surface replacement arthroplasty (Copeland CSRA) for osteoarthritis of the shoulder. JSES 13: 266-271
- ²⁶ Matsen FA III, Lippitt SB, Sidles JA, Harryman DT (1994) Practical evaluation and management of the shoulder. WB Saunders, Philadelphia
- ²⁷ Matsen FA III, Lippitt SB, Sidles JA, Harryman DT (1994) Practical evaluation and management of the shoulder. WB Saunders, Philadelphia
- ²⁸ Anglin C, Wyss U P, Nyffeler RW, Gerber C (2001) Loosening performance of cemented glenoid prothesis design pairs. Clin Biomech 16: 144-150
- ²⁹ Martin SD, Zurakowski D, Thornhill TS (2005) Uncemented glenoid component in total shoulder arthroplasty. Survivorship and outcomes. JBJS-A 87: 1284-1292
- ³⁰ Boileau P, Walch G. Normal an pathological anatomy of the glenoid: effects on the design, preparation and fixation of the glenoid component. In: Walch G, Boileau P eds. Shoulder arthroplasty. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1999: 127-140
- ³¹ Walch G, Badet R, Boulahia A, Khoury A. Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. J Arthroplasty 1999; 14 (6): 756-760
- ³² Walch G, Badet R, Boulahia A, Khoury A. Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. J Arthroplasty 1999; 14 (6): 756-760
- ³³ Walch G, Badet R, Boulahia A, Khoury A. Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. J Arthroplasty 1999; 14 (6): 756-760

- ³⁴ De Wilde LF, Berghs BM, VandeVyver F, Schepens A, Verdonk RC. Glenohumeral relationship in the transverse plane of the body. J Shoulder Elbow Surg. 2003; 12:260-7
- ³⁵ Edelson JG. Patterns of degenerative change in the glenohumeral joint. J Bone Joint Surg. Br. 1995; 77: 288-92
- ³⁶ Walch G, Badet R, Boulahia A, Khoury A. Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. J Arthroplasty 1999; 14 (6): 756-760.
- ³⁷ Neer CS 2nd, Morrison DS. Glenoid bone-grafting in total shoulder arthroplasty. J Bone Joint Surg. Am. 1988; 70:1154-62.
- ³⁸ Steinmann SP, Cofield RH. Bone grafting for glenoid deficiency in total shoulder replacement. J Shoulder Elbow Surg. 2009; 9:361-7.
- ³⁹ Bell RH, Noble JS. The management of significant glenoid deficiency in total shoulder arthroplasty. J Shoulder Elbow Surg. 2000; 9:248-56.
- ⁴⁰ Walch G, Badet R, Boulahia A, Khoury A. Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. J Arthroplasty 1999; 14 (6): 756-760
- ⁴¹ von Eisenhart-Rothe R, Kroetz M, Wiedemann E, Englmeier KH, Graichen H. Fixierte und funktionelle Dezentrierung des Humeruskopfes bei Patienten mit Omarthrose. Unfallchirurg. 2002; 105:517-22.
- ⁴² Mallon WJ, Brown HR, Vogler JB 3rd, Martinez S. Radiographic and geometric anatomy of the scapula. Clin Orthop Relat Res. 1992; 277:142-54.
- ⁴³ Churchill RS, Brems JJ, Kotschi H. Glenoid size, inclination, and version: an anatomic study. J Shoulder Elbow Surg. 2001; 10:327-32.

5. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 a, b:

T. Tischer, H. Anetzberger, M. Müller-Gerbl, A.B. Imhoff. Arthroskopische relevante Anatomie der Schulterinstabilität. Arthroskopie 2004, 17:133-138 Springer Verlag 2004.

Abb. 2 a, b;

Abb. 3 a, b;

Abb. 4:

F. Gohlke. Biomechanik der Schulter. Orthopäde, 29:834-844. Springer Verlag 2000.

Abb. 5:

J. Kircher. Die Omarthrose: Einteilung, Morphologie und Diagnostik. Obere Extremität 2012, 7:91-99. Springer Verlag 2012.

Abb. 6,

Abb. 7,

Abb. 8:

Habermeyer P (Hrsg) Schulterchirurgie, 5:100-103 Urban & Fischer, München, Jena, 2010

Abb. 9,

Abb. 10,

Abb. 11:

The Journal of Bone and Joint Surgery Am. 88:1301-1307, 2006

Eidesstattliche Versicherung

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,
dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Ort, Datum

Viviane Glaser

Unterschrift Doktorandin/Doktorand